



Instituto Federal Catarinense
Pró Reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação
Mestrado Profissional em Produção e Sanidade Animal
Campus Araquari

AIMÉE CAROLINE FRIESEN PEREIRA

**EFEITOS DA INCLUSÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS SOBRE A QUALIDADE DOS
OVOS, DESEMPENHO PRODUTIVO, A IMUNIDADE E A MORFOLOGIA
INTESTINAL DE GALINHAS POEDEIRAS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-
ANÁLISE**

Araquari

2025

AIMÉE CAROLINE FRIESEN PEREIRA

**EFEITOS DA INCLUSÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS SOBRE A QUALIDADE DOS
OVOS, DESEMPENHO PRODUTIVO, A IMUNIDADE E A MORFOLOGIA
INTESTINAL DE GALINHAS POEDEIRAS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-
ANÁLISE**

Dissertação submetida ao Mestrado em
Produção e Sanidade Animal do Instituto
Federal Catarinense - *Campus* Araquari para a
obtenção do título de Mestre em Ciências (área
de concentração: Produção e Sanidade
Animal)

Orientador: Prof.^(a). Fabiana Moreira

Coorientador(es): Prof.^(a). Vanessa Peripolli;
Prof.^(a). Paula Gabriela da Silva Pires.

Araquari

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

P436e Pereira, Aimee Caroline Friesen
EFEITOS DA INCLUSÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS SOBRE A
QUALIDADE DOS OVOS, DESEMPENHO PRODUTIVO, A IMUNIDADE
E A MORFOLOGIA INTESTINAL DE GALINHAS POEDEIRAS:
REVISÃO SISTEMÁTICA E METAANÁLISE / Aimee Caroline
Friesen Pereira; orientador Fabiana Moreira;
coorientador Vanessa Peripolli; coorientador Paula
Gabriela da Silva Pires. -- Araquari, 2025.
69 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal
Catarinense, campus Araquari, , Araquari, 2025.

Inclui referências.

1. ácidos orgânicos. 2. galinhas poedeiras. 3.
desempenho produtivo. 4. qualidade de ovo. 5.
morfologia intestinal. I. Moreira, Fabiana, II.
Peripolli, Vanessa. III. Pires, Paula Gabriela da
Silva. IV. Instituto Federal Catarinense. . V. Título.

AIMÉE CAROLINE FRIESEN PEREIRA

**EFEITOS DA INCLUSÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS SOBRE A QUALIDADE DOS
OVOS, DESEMPENHO PRODUTIVO, A IMUNIDADE E A MORFOLOGIA
INTESTINAL DE GALINHAS POEDEIRAS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-
ANÁLISE**

Esta dissertação, foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Produção e Sanidade Animal) e aprovada em sua forma final pelo curso de Mestrado em Produção e Sanidade Animal do Instituto Federal Catarinense - *Campus Araquari*.

Documento assinado digitalmente
 **FABIANA MOREIRA**
Data: 05/01/2026 09:55:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^(a) Fabiana Moreira, Doutora
Orientadora – IFC *Campus Araquari*

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **JULIANO SANTOS GUERETZ**
Data: 05/01/2026 10:40:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Juliano Santos Gueretz, Doutor

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO DE FREITAS JACOB**
Data: 05/01/2026 09:22:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rodrigo de Freitas Jacob, Doutor
Vaccinar Nutrição Animal

Araquari

2025

**Dedico esta dissertação à minha família,
por serem raiz e asas na mesma medida.**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo apoio, instrução e dedicação para que eu me tornasse a mulher que sou hoje.

Aos amigos que estiveram presentes durante todos os surtos e comemorações que um mestrado pode causar.

A minha orientadora, Fabiana Moreira, que sempre me apoiou e desde o começo soube que era para ser.

As minhas coorientadoras Vanessa e Paula, que fizeram esse estudo ser mais fácil, me dando apoio, motivando, dando conselhos e toda a ajuda necessária. Sem vocês não teríamos conseguido.

Agradeço ao Instituto Federal Catarinense do campus Araquari e ao Programa de Pós-graduação em Produção e Sanidade Animal pela oportunidade de realizar com êxito o mestrado.

Agradeço meus colegas e gestores da Vaccinar Nutrição Animal que me apoiaram e me proporcionaram realizar o mestrado.

“Tudo o que temos que decidir é o que fazer com o tempo que nos é dado.”
(Gandalf, o Cinzento. O Senhor dos Anéis, Livro I, Capítulo 2).

RESUMO

PEREIRA, Aimée, C. F. **Efeitos da inclusão de ácidos orgânicos sobre a qualidade dos ovos, desempenho produtivo, a imunidade e a morfologia intestinal de galinhas poedeiras: revisão sistemática e meta-análise.** 2025. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2025.

A avicultura de postura destaca-se pela elevada produção e pela importância do ovo como alimento de alto valor biológico. A busca por alternativas nutricionais que substituam os antibióticos promotores de crescimento impulsiona o interesse por aditivos capazes de melhorar o desempenho das aves, a morfologia intestinal e a qualidade do ovo para consumo. Os ácidos orgânicos (AO) têm se consolidado como alternativa de interesse por sua ação antimicrobiana, efeito positivo sobre a integridade intestinal e contribuição no aumento da digestibilidade de nutrientes. O objetivo deste estudo foi avaliar e sintetizar os dados disponíveis na literatura por meio de revisão sistemática-meta-análise (RS-MA), a respeito dos efeitos da inclusão de AO na dieta de galinhas sobre parâmetros produtivos, respostas imunes, morfologia intestinal e qualidade de ovos. A metodologia foi conduzida com base em protocolo estruturado, que incluiu a definição da pergunta de pesquisa a partir dos elementos população (P), intervenção (I) e resultados (R). As palavras-chave de busca utilizadas foram, em inglês, “hens OR hen OR laying OR layer; benzoic acid OR propionic acid OR propionic OR butyric acid OR butyric OR formic acid OR formic OR lactic acid OR lactic OR acetic acid OR organic acid OR fumaric acid OR tartaric acid OR malic acid OR citric acid”. Foram consultadas sete bases de dados eletrônicas: Web of Science (Clarivate Analytics), Medline/PubMed e Scopus (Elsevier), CAB Abstracts (CABI Digital Library), Animal Health na Production Compendium (CABI Digital Library), ProQuest Dissertations & Theses Citation Index (Clarivate Analytics) e Google Scholar (120 primeiros artigos), sem restrição de idioma ou ano de publicação, resultando em 8.272 referências identificadas. As referências duplicadas foram excluídas e as demais foram organizadas em softwares de gerenciamento e triagem. A seleção foi conduzida de forma independente por dois revisores seguindo critérios previamente estabelecidos: estudos primários de intervenção experimental com galinhas poedeiras que utilizaram AO, isolados ou em associação e que avaliaram indicadores de desempenho produtivo, qualidade de ovos, morfologia intestinal ou imunidade. Divergências entre os avaliadores foram resolvidas por um terceiro avaliador. Após a aplicação de elegibilidade, 36 estudos foram incluídos para extração de dados. A meta-análise indicou efeitos significativos ($P < 0,05$) da inclusão de ácidos orgânicos (AO) sobre parâmetros produtivos, qualidade dos ovos e morfologia intestinal. No desempenho, observaram-se incrementos sobre a taxa de produção, peso e massa do ovo e consumo de ração. Para os parâmetros de qualidade do ovo, foram observadas diferenças significativas ($P \leq 0,05$) na gravidade específica, quanto no índice de albumina e na Unidade Haugh. Em relação à morfologia intestinal, observaram-se efeitos significativos sobre a profundidade de cripta no duodeno, jejuno e íleo, bem como sobre a altura de vilosidade no íleo. Os resultados demonstram que os AO influenciaram variáveis de desempenho, qualidade interna do ovo e morfologia intestinal, confirmando seu potencial como alternativa aos antibióticos promotores de crescimento para a dieta de galinhas poedeiras.

Palavras-chave: morfologia intestinal, antibióticos promotores de crescimento, aditivos nutricionais, parâmetros produtivos, qualidade do ovo

ABSTRACT

PEREIRA, Aimée, C. F. **Effects of organic acid inclusion on egg quality, performance, immunity, and intestinal morphology of laying hens: a systematic review and meta-analysis.** 2025. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal, Pró-reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2025.

Layer poultry production stands out for its high productivity and for the importance of the egg as a food of high biological value. The search for nutritional alternatives to replace antibiotic growth promoters has driven interest in additives capable of improving bird performance, intestinal morphology, and egg quality for human consumption. Organic acids (OA) have been consolidated as an alternative of interest due to their antimicrobial action, positive effects on intestinal integrity, and contribution to nutrient digestibility. The objective of this study was to evaluate and discuss the available literature through a systematic review and meta-analysis (SR-MA), in which the effects of OA inclusion in laying hen diets were assessed regarding productive parameters, immunity, intestinal morphology, and egg quality. The methodology was conducted based on a structured protocol, encompassing the definition of the research question through the population (P), intervention (I), and outcome (R) elements. The search string used was “hens OR hen OR laying OR layer; benzoic acid OR propionic acid OR propionic OR butyric acid OR butyric OR formic acid OR formic OR lactic acid OR lactic OR acetic acid OR organic acid OR fumaric acid OR tartaric acid OR malic acid OR citric acid.” Seven electronic databases were consulted: Web of Science (Clarivate Analytics), Medline/PubMed and Scopus (Elsevier), CAB Abstracts (CABI Digital Library), Animal Health and Production Compendium (CABI Digital Library), ProQuest Dissertations & Theses Citation Index (Clarivate Analytics), and Google Scholar (first 120 records). No restrictions regarding language or publication year were applied, resulting in 8,272 identified references. Duplicate references were removed, and the remaining ones were organized in reference management and screening software. Two reviewers independently analyzed the records according to predefined inclusion criteria: primary experimental intervention studies on laying hens that used OA, either individually or in combination, and that evaluated productive performance, egg quality, intestinal morphology, or immune indicators. After applying the inclusion criteria, 36 studies were selected for data extraction. Data analysis revealed significant differences ($P \leq 0.05$) in productive performance, egg quality and morphological parameters. Regarding performance, significant effects were observed on egg production rate, egg weight and mass, and feed intake. For egg quality, significant responses ($P \leq 0.05$) were detected in specific gravity, albumen index, and Haugh unit. Concerning intestinal morphology, significant differences were observed in crypt depth in the duodenum, jejunum, and ileum, as well as in villus height in the ileum. The results indicate that OA significantly influenced performance, internal egg quality, and intestinal morphology variables, highlighting OA as an effective nutritional alternative in laying hen diets.

Keywords: intestinal morphology; antibiotic growth promoters; nutritional additives; productive performance; egg quality

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma PRISMA representando o processo de busca, seleção, exclusão e inclusão dos estudos avaliando os efeitos da suplementação com ácidos orgânicos em galinhas poedeiras.....	29
Figura 2. Distribuição global dos estudos incluídos na revisão sistemática e meta-análise, de acordo com o país de condução dos experimentos.....	31
Figura 3. Representação percentual da distribuição geográfica dos estudos incluídos na revisão sistemática e meta-análise, considerando continente e país.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estratégia de busca e descritores empregados na revisão sistemática segundo os componentes população, intervenção e resultados.....	24
Tabela 2. Distribuição das principais características experimentais dos estudos incluídos na meta-análise.....	30
Tabela 3. Descrição dos delineamentos experimentais, intervenções com ácidos orgânicos e resultados reportados nos estudos incluídos na revisão sistemática.....	33
Tabela 4. Comparação dos efeitos do uso de ácidos orgânicos isolados, em combinação e antibiótico sobre variáveis de desempenho produtivo, qualidade de ovos, imunidade e morfologia intestinal em galinhas poedeiras.	49
Tabela 5. Comparação dos efeitos do tipo de linhagem (cor do ovo) sobre variáveis de desempenho produtivo, qualidade de ovos, imunidade e morfologia intestinal em galinhas poedeiras.....	52
Tabela 6. Comparação dos efeitos da fase de criação sobre variáveis de desempenho, qualidade do ovo, imunidade e morfologia intestinal em galinhas poedeiras.....	55
Tabela 7. Avaliação do risco de viés dos estudos incluídos, considerando informações experimentais, delineamento, randomização e descrição da análise estatística.....	58
Tabela 8. Equações de regressão múltipla, coeficientes e coeficientes de determinação ajustados (R^2 ajustado) para as variáveis resposta avaliadas.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal

ANOVA – Análise de Variância

AO – Ácidos Orgânicos

APC – Antibióticos Promotores de Crescimento

DP – Desvio Padrão

EUA – Estados Unidos da América

I – Intervenção

MA – Meta-análise

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

MLG – Modelo Linear Geral

RM – Regressão Múltipla

NEPPA – Núcleo de Ensino, Extensão e Pesquisa em Produção Animal

P – População

PPGSA – Programa de Pós-graduação em Produção e Sanidade Animal

PR – Paraná

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

R – Resultados

RS – Revisão Sistemática

SC – Santa Catarina

UE – União Europeia

UH – Unidade Haugh

LISTA DE SIMBOLOS

> Maior

< Menor

% Percentagem

® Marca Registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.2	USO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS.....	17
1.3	REVISÃO SISTEMÁTICA-META-ANÁLISE (RS-MA).....	17
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVO GERAL	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	ARTIGO	20
3.1	INTRODUÇÃO	20
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.2.1	Pergunta e pesquisa, definição e protocolo	23
3.2.2	Triagem.....	24
3.2.3	Avaliação metodológica e processo de coleta dos dados	25
3.2.4	Avaliação da qualidade e do viés de publicação	26
3.3	META-ANÁLISE (MA)	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1	VISÃO DOS ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	27
4.2	DESEMPENHO PRODUTIVO.....	38
4.2.1	Efeito do tipo de ácido orgânico.....	38
4.2.2	Efeito da linhagem.....	39
4.2.3	Efeito da fase de criação.....	40
4.2.4	Regressão múltipla.....	40
4.3	QUALIDADE DOS OVOS.....	41
4.3.1	Efeito do tipo de ácido orgânico.....	41
4.3.2	Efeito da linhagem.....	42
4.3.3	Efeito da fase de criação.....	43
4.3.4	Regressão múltipla.....	44
4.4	MORFOLOGIA INTESTINAL.. ..	45
4.4.1	Efeito do tipo de ácido orgânico.....	45
4.4.2	Efeito da linhagem.....	46
4.4.3	Efeito da fase de criação.....	46
4.4.4	Regressão múltipla.....	47

4.5	ANÁLISE METODOLÓGICA.....	48
5	CONCLUSÃO.....	62
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

O avanço da produção industrial, a avicultura de postura tem evoluído significativamente, evidenciando a importância do ovo na alimentação humana como fonte de nutrientes de alto valor biológico. Atualmente, China, Índia, União Europeia, Indonésia e EUA são os principais países produtores de ovos, resultando em cerca de 34,2 milhões de toneladas produzidas (Soares e Ximenes, 2023). No Brasil, a produção de ovos tem crescido anualmente; em 2024 foram produzidas 56,9 bilhões de unidades, um aumento de 8,5% em relação a 2023. O consumo per capita atingiu 263 ovos por pessoa, um acréscimo de 21 ovos comparado ao ano anterior. As projeções para 2025 indicam crescimento de aproximadamente 1% (ABPA, 2025).

O ovo é um alimento estratégico para o agronegócio brasileiro pela sua elevada qualidade nutricional, rico em aminoácidos essenciais, ácidos graxos, minerais (como ferro, zinco, selênio etc.) e vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis. Além disso, contém compostos bioativos com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, imunomoduladoras e anticancerígenas (El-Sabrou et al., 2022). Tais compostos contribuem para o funcionamento saudável do organismo e ajudam a proteger órgãos vitais contra diversas doenças (Novello, 2006). Sua acessibilidade, custo competitivo, versatilidade e a oferta de produtos processados à base de ovo (clara líquida, proteína da clara, ovos em pó liofilizados, ovos pasteurizados, ovos homogeneizados) ampliam seu uso e sua importância nutricional (Suberu et al., 2024).

Vários fatores impactam a qualidade interna e externa dos ovos (Hisasaga et al., 2020), como a genética das aves, o ambiente onde estão sendo criadas (parâmetro como temperatura, umidade, iluminação, ventilação e outros que são controlados), a nutrição, incluindo os tipos de ingredientes, balanceamento de macro e micronutrientes, a idade das galinhas, o sistema de alojamento e bem-estar animal.

A avaliação da qualidade dos ovos pode ser feita por metodologias como a gravidade específica, espessura da casca, índice de albúmen e gema e Unidade Haugh (UH). A gravidade específica é um teste indireto para mensurar a espessura da casca do ovo; é obtida por imersão dos ovos em soluções salinas com densidades variando de 1.050 a 1.100. A espessura da casca é verificada após secagem e medida em dois pontos distintos na área centro-transversal por meio de micrômetro (Salem, 2020). O índice de albúmen e gema é utilizado para avaliar a qualidade do ovo, sendo equivalente à altura do albúmen espesso

dividido pelo diâmetro do albúmen e a UH correlaciona a altura do albúmen espesso, corrigida para o peso do ovo. Esses indicadores permitem avaliar o grau de frescor e a integridade das estruturas internas do ovo, refletindo alterações fisiológicas da ave, condições de armazenamento e efeitos da nutrição sobre a síntese e manutenção das proteínas do albúmen. Valores mais elevados de UH estão associados a ovos de melhor qualidade interna, com albúmen mais consistente e maior estabilidade (Salem, 2020).

1.2 USO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS

Os ácidos orgânicos exercem efeitos benéficos sobre a morfologia intestinal, atuando na modulação da microbiota, na melhora da digestibilidade proteica e no estímulo à secreção de enzimas digestivas, além de favorecerem a integridade e a função da barreira intestinal (Ornagui et al., 2024). Outros estudos observaram que a suplementação dietética com ácido benzoico promoveu aumento na população de *Lactobacillus* e redução de *Escherichia coli* no conteúdo fecal de galinhas poedeiras, evidenciando o efeito modulador desse ácido orgânico sobre a microbiota intestinal (Lee et al., 2015).

Diversas publicações constataram a contribuição para a melhora da conversão alimentar da ave e da imunidade (Dahiya et al., 2016; Ebeid, 2022; Lokapirnasari et al., 2024). Há evidências de melhora na produção de ovos e na qualidade da casca e da UH (Hisasaga et al., 2020). A utilização desses compostos em rações para galinhas poedeiras representa uma alternativa promissora aos antibióticos promotores de crescimento e oferece benefícios significativos para a saúde intestinal, desempenho produtivo e qualidade dos ovos.

1.3 REVISÃO SISTEMÁTICA-META-ANÁLISE (RS-MA)

A revisão sistemática tem o intuito de responder a uma determinada pergunta de pesquisa utilizando métodos transparentes e sistemáticos, identificar, selecionar e avaliar os estudos de maneira detalhada e crítica (Castro, 2001). Sendo assim, sintetiza-se os resultados de estudos originais utilizando estratégias para diminuir a ocorrência de erros aleatórios e

sistemáticos (Berwanger et al., 2007), e reduzir possíveis vieses que podem ocorrer em uma revisão tradicional.

Além disso, a RS permite a síntese estruturada do conhecimento científico disponível, promove maior robustez na interpretação dos resultados e identificando lacunas de pesquisa que orientam futuras pesquisas e juntamente com a meta-análise (MA) contribuem de maneira significativa para a pesquisa na produção animal. Essas análises consistem de uma importante ferramenta para minimizar o efeito dos tratamentos quando as respostas apresentam grande variabilidade, seja pelo modelo utilizado ou por demandarem um elevado número de amostras (Baracho et al., 2019).

Dessa forma, a utilização da RS associada à MA não apenas fortalece a validade dos resultados, mas também auxilia na definição de estratégias nutricionais e de manejo mais eficientes, torna a metodologia uma forma de aumentar a relevância para a área de avicultura de postura.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar e discutir os dados disponíveis na literatura, por meio de uma revisão sistemática e meta-análise, sobre a inclusão de ácidos orgânicos na dieta de galinhas poedeiras e seus efeitos sobre o desempenho produtivo, a qualidade de ovos, imunidade e a morfologia intestinal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar uma revisão sistemática sobre a inclusão dos ácidos orgânicos utilizados na nutrição de galinhas poedeiras, para analisar seus efeitos sobre o desempenho produtivo, qualidade de ovos, a imunidade e morfologia intestinal.

Identificar pela meta-análise os padrões do uso de diferentes ácidos orgânicos sobre o desempenho produtivo, a qualidade de ovos, imunidade e morfologia intestinal em galinhas poedeiras.

3 ARTIGO: EFEITOS DA INCLUSÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, A QUALIDADE DOS OVOS, IMUNIDADE E MORFOLOGIA INTESTINAL DE GALINHAS POEDEIRAS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE.

Aimée Caroline Friesen Pereira^{1,2}, Natalia Francis Estulano³, Paula Gabriela da Silva Pires⁴, Vanessa Peripolli^{1,5}; Fabiana Moreira^{1,5}

¹Programa de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal (PPGPSA), Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari, Araquari, SC, Brasil.

²Empresa Vaccinar Nutrição Animal, Curitiba, PR, Brasil.

³Graduação em Medicina Veterinária, Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari, Araquari, SC, Brasil.

⁴Programa de Pós-Graduação em Produção e Sanidade Animal (PPGPSA), Instituto Federal Catarinense, Campus Concórdia, Araquari, SC, Brasil.

⁵Núcleo de Ensino, Extensão e Pesquisa em Produção Animal (NEPPA), Instituto Federal Catarinense, Campus Araquari, Araquari, SC, Brasil.

3.1 INTRODUÇÃO

A avicultura moderna se consolidou como uma das principais atividades do agronegócio mundial, destacando-se pela elevada eficiência produtiva e pela capacidade de fornecer alimentos de alto valor nutricional para a população. Dentre os segmentos da cadeia, a avicultura de postura ocupa papel central na produção de ovos destinados ao consumo humano, produto de grande importância econômica e social. Os ovos apresentam elevado valor biológico, sendo fonte de proteínas de alta digestibilidade, lipídios, minerais e vitaminas essenciais, além de apresentarem baixo custo relativo, o que os torna acessíveis a diferentes faixas da população (Silva et al., 2019).

Além da taxa de produção, a qualidade dos ovos é fator determinante para a rentabilidade da cadeia. A qualidade interna inclui parâmetros como Unidade Haugh (UH), índice de gema, enquanto a qualidade externa é avaliada pela resistência e espessura da casca, cor e uniformidade dos ovos (Abd El-Hack, 2023). Intervenções nutricionais, como a

suplementação com aditivos funcionais, podem influenciar tanto a qualidade interna quanto a externa, promovendo maior durabilidade e segurança do alimento (Menezes et al., 2018). As galinhas poedeiras modernas apresentam elevada eficiência produtiva e precocidade reprodutiva, exigindo nutrição de precisão, manejo adequado e condições de biosseguridade para manter o desempenho ao longo do ciclo produtivo (Gautron et al., 2021). O desempenho zootécnico pode ser avaliado por diferentes parâmetros, incluindo: taxa de produção, massa de ovos, peso médio dos ovos, conversão alimentar, consumo de ração e manutenção do peso corporal das aves (Ramos et al., 2020). A expressão plena do potencial genético depende diretamente da saúde intestinal, que atua na digestão e absorção de nutrientes, além de contribuir para a defesa imunológica (Maiorka, 2004; Cardoso e Tessari, 2015). Assim, qualquer desequilíbrio intestinal compromete não apenas o desempenho produtivo, mas também a qualidade final dos ovos (Rezende et al., 2004).

A microbiota intestinal exerce papel fundamental, influenciando a digestibilidade, a proteção contra patógenos e a modulação da imunidade das aves. Desequilíbrios na microbiota podem comprometer o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, além de aumentar a suscetibilidade a doenças entéricas. Estratégias nutricionais capazes de modular positivamente a microbiota, fortalecer a imunidade e preservar a integridade da mucosa intestinal são, portanto, essenciais para aves em alta produção (Wang, 2018).

Torna-se evidente que a manutenção de um ambiente intestinal saudável é um dos pilares para garantir desempenho consistente ao longo do ciclo produtivo.

Historicamente, os antibióticos promotores de crescimento (APC) foram amplamente utilizados na avicultura por sua capacidade de estabilizar a microbiota intestinal, reduzir enteropatias e melhorar o aproveitamento dos nutrientes, resultando em ganhos produtivos significativos (Gonzales; Mello; Café, 2012). Contudo, o uso contínuo desses aditivos levantou preocupações quanto ao risco de resistência dos antimicrobianos e a presença de resíduos nos alimentos de origem animal (Silva; Nascimento; Silva, 2010).

A União Europeia, por exemplo, banuiu o uso de antibióticos como promotores de crescimento em 2006 estimulando outros países a seguirem tendência semelhante (Dibner; Richards, 2005; Castanon, 2007). No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) também promoveu a retirada progressiva desses compostos, o que favoreceu o surgimento de novos desafios à cadeia produtiva, especialmente no que se refere

ao controle da morfologia intestinal das aves e à manutenção do desempenho produtivo (Mezalira et al., 2014).

Esse cenário aumentou o interesse científico e industrial voltou-se para a busca de alternativas capazes de substituir os APC com eficácia. Diversos aditivos têm sido avaliados, incluindo probióticos, prebióticos, simbióticos, extratos vegetais, óleos essenciais e ácidos orgânicos (; Langhout, 2005; Huyghebaert et al., 2011).

Os ácidos orgânicos têm sido utilizados na avicultura há mais de três décadas, inicialmente como conservantes de rações, e posteriormente reconhecidos por seus efeitos positivos sobre a saúde intestinal e o desempenho das aves, atuando na redução do pH gastrointestinal, na melhora da atividade enzimática, no aumento da disponibilidade de nutrientes e no controle de patógenos (Rahman et al., 2012; Alves et al., 2021; Gosling, 2021).

Estudos demonstraram que diferentes ácidos (cítrico, fórmico, fumárico, propiônico e butírico) podem melhorar a conversão alimentar, aumentar a taxa de produção, massa e peso médio dos ovos, além de favorecer a qualidade da casca e do conteúdo interno, a morfologia intestinal e a modulação da imunidade (Abdel-Fattah et al., 2008; Adil et al., 2010; Salem; Abd El-Dayem, 2025). Entretanto, os resultados ainda são de natureza diversa e variam conforme a linhagem, idade das aves, composição da dieta, desafios sanitários e forma de suplementação (Józefiak et al., 2007; Lovatto et al., 2007; Cengiz et al., 2012; Fascina et al., 2012).

Apesar dos avanços, ainda existem lacunas importantes no conhecimento científico e poucas publicações avaliaram de forma integrada os efeitos da suplementação com diferentes ácidos orgânicos sobre múltiplos parâmetros como desempenho produtivo, qualidade do ovo, imunidade e morfologia intestinal. Dessa forma, estudos bem conduzidos são fundamentais para consolidar o uso desses aditivos como alternativa viável e segura aos antibióticos promotores de crescimento (Upadhaya, et al., 2019; Abdel-Wareth et al., 2020).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar e discutir os dados disponíveis na literatura, por meio de uma revisão sistemática e meta-análise, sobre a inclusão de ácidos orgânicos na dieta de galinhas poedeiras e seus efeitos sobre a qualidade de ovos, o desempenho, imunidade e a morfologia intestinal.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta revisão sistemática segue as diretrizes dos Itens de Relato Preferenciais para Revisões Sistemáticas e Meta-análises - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Page et al., 2021).

3.2.1 Pergunta e pesquisa, definição e protocolo

A revisão sistemática (RS) foi realizada para identificar os efeitos da inclusão de ácidos orgânicos na dieta de galinhas poedeiras sobre a qualidade dos ovos, desempenho, imunidade e morfologia intestinal. A pergunta de pesquisa foi formulada com base em população (P), intervenção (I) e resultado (R). A estratégia PICO foi adaptada para o modelo PIO, uma vez que não foi estabelecido um comparador fixo, considerando a diversidade de delineamentos experimentais e grupos controle adotados nos estudos incluídos.

A população do estudo foi definida amplamente como galinhas poedeiras, não foram utilizadas publicações em outras espécies de aves. Na intervenção foram considerados os ácidos orgânicos, utilizados de forma separada ou em combinação. Os resultados de interesse se basearam em parâmetros ou respostas relacionadas a qualidade dos ovos (como Unidade Haugh, resistência de casca outras), desempenho (conversão alimentar e outros indicadores), perfil da microbiota intestinal, imunidade, bem como altura de vilosidade e profundidade de cripta. Foram consideradas relevantes apenas as publicações que apresentavam pelo menos um desses resultados de interesse.

Um protocolo de busca prévio foi desenvolvido, testado e aplicado conforme Mederos et al. (2012) e de alguns estudos previamente desenvolvidos (Canozzi et al., 2019).

A estratégia de busca na literatura foi criada utilizando-se as seguintes palavras-chave (Tabela 1).

Tabela 1. Estratégia de busca e descritores empregados na revisão sistemática segundo os componentes população, intervenção e resultados.

Acrônimo	Descritores
População	hens* OR hen* OR laying* OR layer*
Intervenção	benzoic acid* OR propionic acid* OR propionic OR butyric acid* OR butyric* OR "formic acid* OR formic* OR Lactic Acid* OR lactic* OR acetic acid* OR organic acid* OR Fumaric Acid* OR tartaric acid* OR malic acid* OR Citric Acid*
Resultado	eggs* OR egg* OR eggshell* OR shell thickness* OR performance* OR feed conversion* OR villus morphometry* OR duodenal crypt* OR intestinal microbio* OR gut microbio* OR gut microbio* OR immunity* OR immune*

Foram utilizadas sete bases de dados eletrônicas, em abril de 2025: Web of Science (Clarivate Analytics), Medline/PubMed e Scopus (Elsevier), CAB Abstracts (CABI Digital Library), Animal Health in Production Compendium (CABI Digital Library), ProQuest Dissertations & Theses Citation Index (Clarivate Analytics)) e Google Scholar (120 primeiros artigos). As fontes de dados consideradas foram artigos científicos originais, sem restrição de ano e idioma. Todas as referências foram exportadas para o software EndNote Web® para a remoção de artigos duplicados. Após exclusão dos duplicados, as publicações foram exportadas para o programa Rayyan Web® para triagem.

3.2.2 Triagem

Dois revisores treinados (Pereira, A.; Estulano, N. F.) contribuíram para o processo de triagem. Inicialmente, foram avaliados 8.272 artigos de forma independente pelos revisores mediante leitura do título, resumo (quando disponível) e palavras-chave (quando disponível).

Nesta etapa nenhuma restrição de idioma e ano de publicação foi imposta. A partir de respostas negativas de ambos os revisores, as referências eram excluídas. Artigos conflitantes foram avaliados por um terceiro revisor (Pires, P. G. S.).

Abaixo, questões que determinaram a triagem:

- a) É um estudo primário de intervenção experimental?
- b) Investiga a população de aves poedeiras?
- c) Investiga, pelo menos, algum desses tipos de intervenção: ácidos orgânicos, ácido benzoico, ácido propiônico, ácido butírico, ácido fórmico, ácido láctico, ácido acético, ácido fumárico, ácido tartárico, ácido málico, ácido cítrico?
- d) Avalia pelo menos um desses indicadores: qualidade de casca, desempenho, conversão alimentar, imunidade, morfologia intestinal?

3.2.3 Avaliação metodológica e processo de coleta dos dados

O formulário de extração de dados foi elaborado conforme modelo de estudos prévios (Mederos et al., 2012; Canozzi et al., 2017; Canozzi et al., 2019). O primeiro autor foi o responsável pela extração de dados dos artigos selecionados, sem restrição de idioma. Neste momento, foram excluídas as publicações que não se enquadravam na categoria de artigos científicos originais, e que não tinham os indicadores de interesse ou abordavam outros tópicos.

Antes da avaliação do viés de publicação e da extração dos dados, realizou-se a leitura integral dos artigos para confirmar a relevância previamente identificada por meio da análise do título, resumo e palavras-chave, bem como para verificar a presença de grupo controle adequado e a descrição detalhada dos resultados, requisitos necessários para a extração qualitativa e quantitativa dos dados.

Após a triagem completa baseada nos critérios de interesse, os artigos foram submetidos à extração de dados, as informações extraídas foram estratificadas em geral, população do estudo, intervenção, indicadores avaliados, resultados e informações relativas ao artigo (nome dos autores, ano de publicação, idioma original e tempo do experimento). Os dados gerais coletados dos estudos selecionados incluíram: país, ano(s) da coleta de dados,

revista de publicação e idioma em que o artigo foi redigido, tamanho da amostra de indivíduos e critérios de exclusão e inclusão.

As informações sobre população incluíram: linhagem genética e idade. As informações de intervenção para cada grupo (controle e teste) foram relacionadas ao uso de ácidos orgânicos (isolado ou combinado), dose utilizada, local de oferta, tipo de ácido, e ao período de exposição aos tratamentos.

Os dados dos indicadores foram coletados em unidades de medida previamente definidas. Para cada artigo, foram extraídos a média, o desvio padrão (DP) ou outra medida de dispersão disponível, bem como a unidade de medida utilizada e o número de animais nos grupos controle e teste.

3.2.4 Avaliação da qualidade e do viés de publicação

O A análise do Risco de Viés da Colaboração Cochrane (*Cochrane Collaboration Risk of Bias Tool*) (Higgins et al., 2011) foi adaptada e utilizada nos estudos incluídos na MA. Para isso, foram utilizados como critério: randomização (geração de sequência aleatória), sigilo de alocação, perdas por segmento, descrição das perdas e exclusões, interrupção precoce por benefício e relato seletivo dos resultados.

Os critérios foram classificados como baixo, alto ou incerto em produzir viés de publicação (Higgins et al., 2011). O viés pode ser classificado como viés de seleção, de performance, de detecção, de atrito ou de relato.

3.3 META-ANÁLISE (MA)

Todas as análises foram realizadas utilizando o *Statistical Analysis System* (SAS Inst. Inc., Cary, NC, versão 9.4). As diferenças foram consideradas significativas se $P \leq 0,05$ e como tendência se $0,05 > P \leq 0,1$. A normalidade da distribuição dos resíduos, a variância e os dados quantitativos foram testadas usando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente.

A meta-análise para subgrupos foi realizada com conjuntos de dados compostos por pelo menos dois estudos individuais investigando tratamentos semelhantes e avaliando a mesma resposta. A análise foi conduzida por tipo de ácido orgânico (sem ácido orgânico, combinação de ácidos orgânicos, antibiótico e ácido orgânico isolado); cor do ovo da galinha poedeira (marrom, branco, não especificado) e fase de produção da galinha poedeira (inicial, inicial mais produção, produção).

Em todas as análises de variância-covariância, o efeito do estudo foi considerado no modelo como uma variável de efeito aleatório devido às diferenças entre os estudos que compõem o banco de dados da meta-análise (St-Pierre, 2001). O tipo de ácido orgânico, a cor do ovo da galinha poedeira e a fase de produção da galinha poedeira foram considerados fatores de efeito fixo. Portanto, foram utilizados modelos lineares mistos, ajustados por meio do procedimento MIXED, conforme proposto por St-Pierre (2007), considerando os efeitos fixos das variáveis de interesse e os efeitos aleatórios associados às diferenças entre os estudos, de modo a acomodar a heterogeneidade dos dados e a estrutura hierárquica inerente às meta-análises. A variância entre os estudos foi estimada utilizando uma estimativa REML. O teste de Tukey-Kramer foi aplicado para contrastar as médias dos mínimos quadrados dos tratamentos.

A regressão múltipla foi conduzida para identificar quais variáveis podem ser consideradas fontes de variação e influenciar cada variável resposta à intervenção. As variáveis analisadas pela regressão múltipla foram a taxa de produção, peso do ovo, massa do ovo, consumo, peso final, gravidade específica, índice de albumina, Unidade Haugh, profundidade de cripta no duodeno, jejuno e íleo e altura de vilosidade no íleo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VISÃO GERAL DOS ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO SISTEMÁTICA

O diagrama de fluxo que resume o procedimento da identificação à inclusão dos artigos está apresentado na Figura 1. Os 36 artigos selecionados foram publicados entre 1993 e 2025. Apenas 5,26% dos artigos foram publicados antes de 2000, 21,04% dos artigos foram

publicados entre 2000 e 2010, 49,98% dos artigos foram publicados entre 2010 e 2019 e 23,68% dos artigos foram publicados a partir de 2020 até 2025 (Tabela 2).

Os artigos selecionados foram publicados em 30 periódicos, dentre os quais se destacam: *Acta Veterinaria Brasilica*; *Animal Science Reporter*; *Archiv für Geflügelkunde*, *Archive of Razi Institute*, *Asian Journal of Poultry Science*, *Avian Biology Research*, *Biochemistry and Cell Archives*, *Ciência Rural*, *Comparative Clinical Pathology*, *Diyala Agricultural Sciences Journal*, *European Poultry Science*, *Indian Journal of Animal Research*, *International Journal of Poultry Science*, *Italian Journal of Animal Science*, *Japanese Journal of Poultry Science*, *Journal of Animal and Feed Sciences*, *Journal of Animal Science and Technology*, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *Journal of Applied Animal Research*, *Journal of Applied Poultry Research*, *Journal of the Agricultural Faculty*, *Korean Journal of Poultry Science*, *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, *Plant Archives*, *Poultry Science*, *Revista Técnica Pecuária en México*, *Translational Animal Science*, *Tropical Animal Health and Production*, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* e *Veterinary Research Forum* (Tabela 3).

Figura 1. Fluxograma PRISMA representando o processo de busca, seleção, exclusão e inclusão dos estudos avaliando os efeitos da suplementação com ácidos orgânicos em galinhas poedeiras.

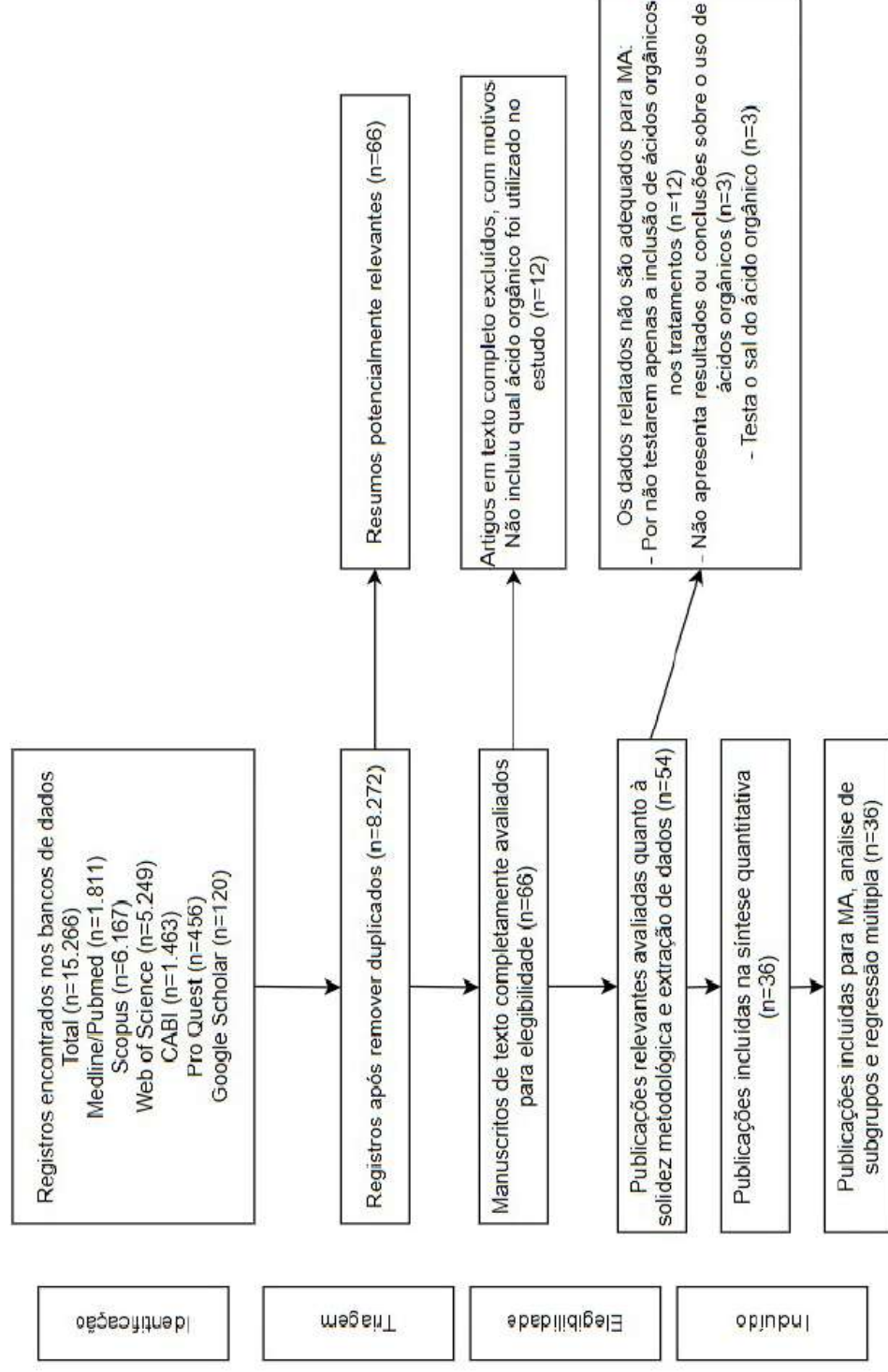


Tabela 2. Distribuição das principais características experimentais dos estudos incluídos na meta-análise.

Variável	Categorias	Número de estudos
Tipo de ácido orgânico	Combinação de ácidos orgânicos	24
	Ácido orgânico isolado	12
	Antibiótico	5
Oferta	Água	3
	Ração	33
Tamanho da amostra (número de aves utilizadas no experimento)	<100 aves	9
	100 a 500 aves	22
	501 a 1.000 aves	3
	1.001 a 5.000 aves	1
	>5.000 aves	1
Cor do ovo	Marrom	26
	Branca	9
	Não informada	1
Fases de Criação	Inicial	2
	Produção	34
	Inicial e Produção	3

A maioria dos estudos foram conduzidos na Ásia, seguida pela América do Norte, América do Sul, África e Europa (Figuras 2 e 3). A concentração de estudos na Ásia, particularmente da China e na Turquia pode ser explicado por dois fatores: (i) a posição destes países como grandes produtores e consumidores de ovos e (ii) mudanças regulatórias e de mercado que reduziram o uso de antibióticos promotores de crescimento e, consequentemente, impulsionaram a busca por alternativas naturais, como os ácidos orgânicos.

A Turquia, em especial, figura entre os principais produtores globais de ovos e mantém um setor de postura amplamente monitorado e tecnificado, dados consolidados indicam uma produção nacional substancial (FAO, 2025).

O aumento do número de publicações com ácidos orgânicos a partir de 2010 (Tabela 3) coincide com a intensificação global das políticas e do interesse científico em reduzir o uso de antimicrobianos promotores de crescimento na produção animal, exemplo o banimento na UE em 2006 e movimentos de restrição regulatórios subsequentes em diversos países, o que motivou maior investimento em pesquisas com aditivos alternativos e tecnologias de suporte à saúde intestinal das aves (Helgi Library, 2024).

Os estudos incluídos na MA apresentaram entre eles variações nas linhagens genéticas de galinhas poedeiras utilizadas (Tabela 2), sendo as linhagens de ovos marrom as mais utilizadas representando 72,22% do total. Apenas um estudo (2,77%) não especificou a linhagem genética utilizada.

Figura 2. Distribuição global dos estudos incluídos na revisão sistemática e meta-análise, de acordo com o país de condução dos experimentos.

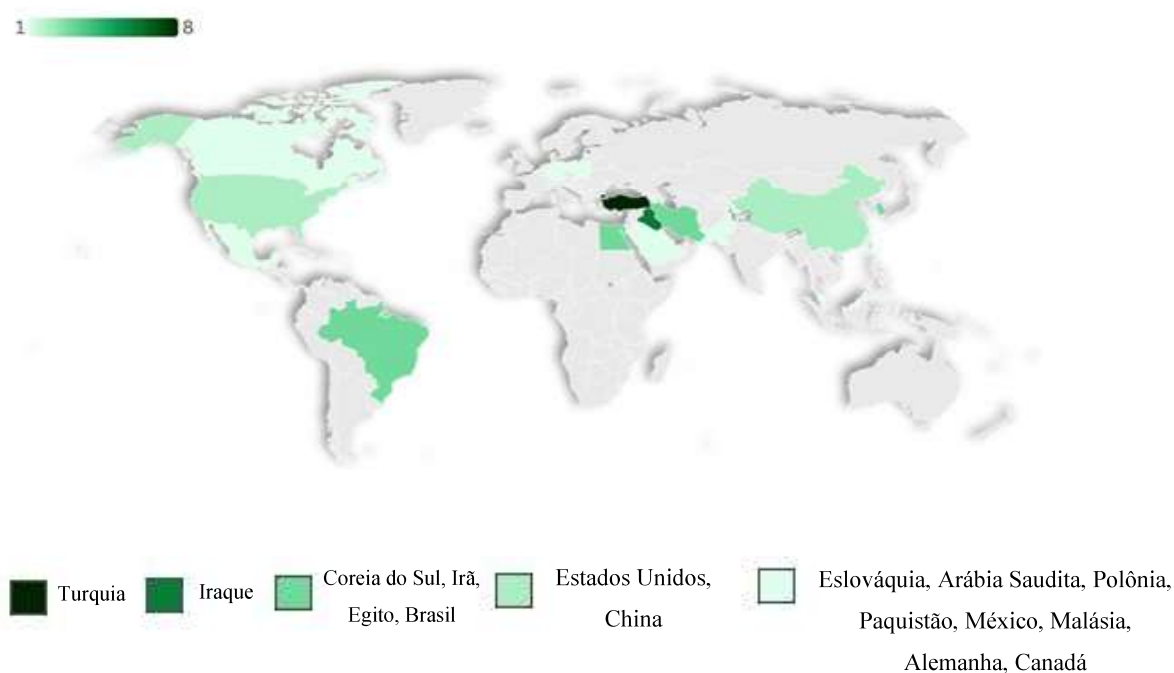


Figura 3. Representação percentual da distribuição geográfica dos estudos incluídos na revisão sistemática e meta-análise, considerando continente e país.

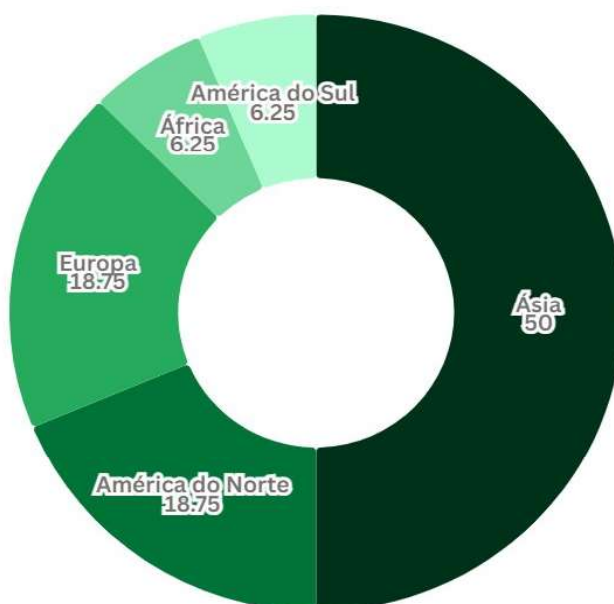


Tabela 3. Descrição dos delineamentos experimentais, intervenções com ácidos orgânicos e resultados reportados nos estudos incluídos na revisão sistemática.

Referência	País	Linha genética	Tempo de experimento (semanas)	Doses testadas (%)	Ácidos orgânicos testados	Local de oferta	Resultado principal
AL-Tamimy et al. (2022)	Iraque	Lohmann Brown	15	0,2 0,4	ácido tartárico e salicílico	água e ração	A adição de ácidos tartárico e salicílico à não afetou a qualidade dos ovos.
Mohammed et al. (2017)	Iraque	Lohmann Brown	16	0,2 0,4	ácido láctico e acético	ração	Os tratamentos utilizando os ácidos orgânicos foram superiores na taxa de produção, no peso e massa dos ovos, além da conversão alimentar.
Payam et al. (2019)	Irã	Hy-Line W-36	10	0,005	Combinação de ácidos	ração	Peso e massa de ovos não tiveram diferença, não houve efeito na resistência da casca, índice da gema e UH. Aumento da espessura da casca.
Bastos-Leite et al. (2016)	Brasil	Hy-Line Brown	9	0,0035 0,06	virginiamicina e combinação de ácidos	ração	Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre nenhum dos parâmetros investigados.
Bastos-Leite et al. (2016)	EUA	Dekalb Delta	18	1; 2 3; 4	ácido cítrico	ração	A inclusão de ácido cítrico não melhorou o desempenho das galinhas.
Dhiab (2020)	Iraque	Lohmann Brown	16	0,4 0,8	ácido láctico e ácido cítrico	ração	A inclusão dos ácidos láctico e cítrico melhoraram a taxa de produção de ovos, bem como a massa dos ovos e a conversão alimentar. Não houve diferença estatística para a média do peso dos ovos
Dhiab et al. (2021)	Iraque	Lohmann Brown	8	0,2 0,4	ácido tartárico e ácido salicílico	água e ração	Houve melhora significativa no peso de casca, espessura de casca, altura de albúmen e UH.
Gama et al. (2000)	Brasil	Isa Brown	10	0,05	Combinação de ácidos	ração	Os resultados demonstraram que a produção de ovos foi melhor nas aves usando combinação de ácidos orgânicos, proporcionando melhor peso corporal. A qualidade dos ovos não foram afetados pela suplementação dos ácidos.

Referência	País	Linha genética	Tempo de experimento (semanas)	Doses testadas (%)	Ácidos orgânicos testados	Local de oferta	Resultado principal
Abbas et al. (2013)	Paquistão	Hy-Line W-98	10	0,05 0,1; 0,15	ácido fórmico	água	A adição de ácido fórmico aumentou a produção, o peso e a massa dos ovos. A conversão alimentar melhorou, além da UH e espessura da casca.
Gül (2013)	Turquia	Lohmann Brown	16	0,25	Combinação de ácidos	ração	A suplementação de ácidos orgânicos não afetou significativamente a qualidade de ovos. As vilosidades do intestino delgado foram significativamente maiores que no grupo controle.
Gong et al. (2020)	China	Lohmann Pink shell	24	0,1 0,2	ácido benzoico	ração	A adição de ácido benzoico não teve efeito sobre a taxa de produção, consumo de ração e conversão alimentar. Houve aumento das vilosidades intestinais e profundidade de cripta.
Grashorn et al. (2012)	Alemanha	Hisex Brown	19	0,2	Combinação de ácidos	ração	A inclusão de ácidos orgânicos aumentou a taxa de produção e o peso médio dos ovos, houve melhora da conversão alimentar. A espessura e dureza da casca pioraram.
Jasim et al. (2017)	Iraque	Lohmann Brown	13	0,3	ácido cítrico	ração	Os AO melhoraram a taxa de produção de ovos, consumo de ração e conversão alimentar. A altura das vilosidades e profundidade das criptas aumentaram significativamente.

Referência	País	Linha genética	Tempo de experimento (semanas)	Doses testada (%)	Ácidos orgânicos testados	Local de oferta	Resultado principal
Kaya,et al. (2014)	Turquia	Lohmann White	12	0,15; 0,3 0,45	Combinação de ácidos	ração	A inclusão de ácidos reduziu significativamente a taxa de ovos danificados e aumentou o peso dos ovos. Não teve efeito sobre o consumo diário, produção de ovos e conversão alimentar.
Kaya et al. (2015)	Turquia	Lohmann Brown	12	0,15; 0,3 0,45	Combinação de ácidos	ração	Não afetou consumo, produção, peso dos ovos, conversão alimentar e peso corporal. Aumentou a altura das vilosidades intestinais.
Kaya et al. (2014)	Turquia	Lohmann Brown	13	0,15; 0,3 0,45	Combinação de ácidos	ração	Não afetou conversão, porém melhorou a histologia intestinal e parâmetros de qualidade dos ovos.
Kaya et al. (2013)	Turquia	Lohmann Brown	10	0,2	Combinação de ácidos	ração	O consumo de ração, produção, peso dos ovos, conversão alimentar e peso corporal não foram significativos. Para a resistência e o peso e a espessura da casca foi detectado diferença significativa.
Kiarie et al. (2024)	Canada	Lohmann LSL Lite	18	0,11; 0,3 0,33	Bacitracina Metileno Disalicilato (BMD); ácido mirístico e ácido benzoico	ração	Não teve alteração no consumo, no entanto melhorou a modulação intestinal.
Sang et al. (2015)	Turquia	Hy-Line Brown	16	0,05; 0,1 0,2	Combinação de ácidos	ração	Aumentou a taxa de produção, a UH e a resistência da casca. Houve aumento do conteúdo fecal de <i>Lactobacillus</i> e diminuição do conteúdo fecal de <i>E. coli</i> .

Referência	País	Linha genética	Tempo de experimento (semanas)	Doses testada (%)	Ácidos orgânicos testados	Local de oferta	Resultado principal
Wan et al. (2020)	China	Jingfen	28	0,007 0,0005	flavomicina e ácido cítrico	ração	Aumento da taxa de produção, consumo diário e UH.
Mousa et al. (2018)	Iraque	não informado	15	0,25 0,5	ácido acético	ração	Aumento na taxa de produção, na massa de ovos e melhora significativa na conversão alimentar.
Oruwari (1993)	EUA	Hy-Line W-36	12	0,05 1	ácido propiônico	ração	Aumento no ganho de peso corporal.
Park et al. (2002)	Coreia do Sul	Isa Brown	12	0,1 0,2	Combinação de ácidos	ração	Melhorou a taxa de produção, conversão alimentar, resistência de casca e UH. Peso do ovo não teve alteração.
Rezaeiipour et al. (2022)	Irã	Bovans	12	0,1; 0,2 0,3	Combinação de ácidos	ração	Aumentou o consumo de ração, mas não afetou a qualidade dos ovos.
Sakomura, et al. (1998)	Brasil	Lohmann Brown	12	0,25; 0,5 0,75; 1	ácido fumárico	ração	Não afetou a qualidade de ovos e desempenho das aves.
Salem. (2020)	Egito	H & N Brown Nick	9	0,05 0,1	ácido fórmico; propiônico	ração	Aumentou a produção de ovos.
Salem et al. (2025)	Egito	Isa Brown	14	0,05 0,1	ácido fórmico; propiônico	ração	Aumento na produção, massa de ovos, e UH.
Shalaei et al. (2014)	Irã	Hy-Line W-36	10	3 15	Combinação de ácidos; oxitetraciclina	ração	Aumento do peso médio dos ovos e das vilosidades. Melhora na taxa de conversão alimentar.
Sobczak and Kozlowski (2016)	Polônia	Lohmann Brown	24	0,5	butírico	ração	Melhorou a qualidade, espessura de casca e peso do ovo. Aumentou a concentração do ácido butírico na digesta cecal.

Referência	País	Linha genética	Tempo de experimento (semanas)	Doses testada (%)	Ácidos orgânicos testados	Local de oferta	Resultado principal
Özek et al. (2011)	Turquia	Atak-S	16	0,2	Combinação de ácidos	ração	Não teve efeito no desempenho produtivo, mas aumentou o peso dos ovos e a UH.
Soltan (2008)	Arábia Saudita	Lohmann LSL	16	0,5; 1 1,5	Combinação de ácidos	ração	Houve aumento do peso corporal, da taxa de produção, não teve efeito no peso do ovo, e no consumo de ração.
Rodríguez, et al. (2002)	México	Isa Babcock B-300	10	0,6 2	ácido cítrico	ração	Aumento de peso dos ovos, redução de excreção de fósforo e nitrogênio. Aumento da concentração de cálcio na casca do ovo.
Wang et al. (2009)	Coreia do Sul	Isa Brown	5	0,1; 0,2 0,3	ácido fenil láctico	ração	Não afetou o consumo, melhorou a produção de ovos. Aumentou a resistência da casca e a UH. O peso do ovo e espessura de casca não foram afetados.
Wong et al. (2009)	Malásia	Lohmann Brown	6	0,15; 0,3 0,45; 0,6	ácido fórmico; ácido láctico	ração	Não teve efeito sobre consumo, peso dos ovos, UH e espessura da casca, mas melhorou a produção de ovos e a conversão alimentar.
Woo et al. (2007)	Coreia do Sul	Hy-Line Brown	6	0,0006 0,3; 0,6	avilamicina; Combinação de ácidos	ração	Aumentou a produção de ovos e reduziu a produção de ovos moles ou quebrados.
Youssef et al. (2013)	Egito	Hy-Line Brown	12	0,06	ácido galílico	ração	Houve maior produção de ovos, melhora do peso e massa dos ovos, espessura da casca, além da conversão alimentar. Não afetou o índice de gema, UH e gravidade específica.

4.2 DESEMPENHO PRODUTIVO

4.2.1 Efeito do tipo de ácido orgânico

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a suplementação com diferentes tipos de ácidos orgânicos exerceu influência significativa sobre o desempenho produtivo de galinhas poedeiras (Tabela 4). Os AO isolados ou em combinação promoveram aumento na taxa de produção de ovos, o que corrobora com estudos que observaram efeito positivo na digestibilidade de nutrientes e no desempenho produtivo de galinhas poedeiras (Upadhaya et al., 2019; Abdel-Wareth et al., 2020; Sugiharto et al., 2022).

A maior taxa de produção observada nos grupos suplementados, especialmente naqueles que receberam a combinação de ácidos orgânicos (Tabela 4), reforça o potencial sinérgico dessa estratégia. A associação de diferentes ácidos permite atuação complementar ao longo do trato gastrointestinal, com redução mais eficiente do pH luminal, modulação ampliada da microbiota e fornecimento energético ao epitélio intestinal. Esse conjunto de efeitos favorece a digestibilidade e a absorção de nutrientes, refletindo positivamente no desempenho produtivo e na taxa de produção (Abdel-Wareth et al., 2020).

Os diferentes pkas's dos AO permite uma ação ampla ao longo do trato gastrointestinal. AO como o butírico, o fórmico e o láctico reduzem o pH luminal e contribuem para a saúde intestinal. O ácido butírico, em sua forma não dissociada, atravessa a membrana dos enterócitos, sendo convertido em butirato e utilizado no metabolismo celular para produção de ATP, enquanto os ácidos láctico e fórmico modulam a microbiota e estimulam a produção endógena de ácidos graxos de cadeia curta (Gautier et al., 2020; Kiczorowska et al., 2021; Kim et al., 2022).

O consumo de ração não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($P > 0,05$). Contudo foi observado uma tendência de melhora ($0,05 < P \leq 0,10$) para a conversão alimentar (Tabela 4). Isso sugere que, embora os efeitos dos ácidos orgânicos possam não ser suficientes para gerar efeitos a curto prazo, eles melhoram os índices produtivos, especialmente em poedeiras em fase de pico e pós-pico de produção. Resultados similares foram descritos por Salem (2020), que observou melhora na taxa de produção entre as

semanas 24–28 e 36–38 com a inclusão de 0,5 a 1,5% de ácidos orgânicos, sem influência significativa ($P > 0,05$) sobre o consumo e a conversão alimentar.

Outros autores também relatam respostas positivas, ainda que sutis, com o uso de ácidos orgânicos em dietas para poedeiras (Salem, 2020; Sadarao, et al., 2025. Soltan (2008) verificou aumento de até 9,84% na produção de ovos e melhora de até 8,48% na conversão alimentar em aves suplementadas com até 0,078% do ácido fórmico e propiônico em combinação. De forma semelhante, Gama et al. (2000) observaram incremento na produção de ovos em poedeiras alimentadas por oito semanas com dietas contendo os ácidos orgânicos. Kadim et al. (2008) reportaram efeito positivo do ácido acético em condições de estresse térmico, assim como Cao et al. (2022) que encontraram melhora no desempenho e na qualidade da casca de ovos de aves que consumiram ácidos orgânicos associados a probióticos

Constance et al. (2019) em um trabalho de meta-análise e Polycarpo et al. (2024) observaram efeito variável dos ácidos orgânicos sobre o desempenho. Em situações não desafiadas, antibióticos promotores de crescimento (APC's) foram superiores, porém em ambientes desafiadores, o uso de ácidos orgânicos se mostrou mais eficaz para manter o desempenho produtivo.

4.2.2 Efeito da linhagem

Quando se considera o efeito da linhagem (cor do ovo), estudos prévios relataram que linhagens de ovos marrons tendem a apresentar maior resistência de casca e peso de ovo, enquanto as de ovos brancos exibem valores superiores de unidade Haugh e qualidade interna (Leeson & Summers, 2009; Wang et al., 2021). No entanto, a ausência de diferença significativa entre as linhagens neste estudo (Tabela 5) reforçou que o uso de ácidos orgânicos atua como fator equalizador, reduzindo variações fisiológicas entre genótipos ao otimizar a absorção de nutrientes.

Além disso, pesquisas indicam que a variabilidade entre linhagens geralmente se manifesta de forma mais evidente quando as aves são expostas a condições ambientais ou nutricionais desafiadoras, como dietas com menor densidade energética ou maior desafio microbiano (Pelicia et al., 2020; Saki et al., 2022). A suplementação com ácidos orgânicos

tende a minimizar diferenças entre linhagens, ao melhorar o ambiente intestinal por meio da redução da carga bacteriana indesejável e do aumento da digestibilidade dos nutrientes (Adil et al., 2010; Abdel-Wareth et al., 2020).

4.2.3 Efeito da fase de criação

O efeito da fase de criação mostrou-se um dos fatores mais determinantes sobre o desempenho, com diferença significativa em taxa de produção, consumo de ração, ganho médio diário e conversão alimentar. Observou-se que as fases “Inicial + Produção” e “Produção” apresentaram taxas médias de produção de aproximadamente 85,4% e 81,5%, respectivamente, enquanto a fase “Inicial”, onde a ave está em processo de desenvolvimento e crescimento corporal, mostrou valor inferior (~13,6%) ($P < 0,0001$) (Tabela 6).

Esta diferença reflete as demandas fisiológicas distintas entre as fases, já que a maturidade produtiva está associada à maior eficiência metabólica e digestiva (Abdel-Wareth et al., 2020). O desempenho de poedeiras é influenciado pela fase de produção, sendo comum observar elevação gradual da taxa de produção até atingir o pico de produção de ovos, seguida de estabilidade e posterior declínio da produção (Panda et al., 2021).

Do ponto de vista prático, a melhoria média de 3% na taxa de produção observada com o uso de ácidos orgânicos representa um ganho econômico relevante para sistemas comerciais, considerando que cada ponto percentual adicional em taxa de produção se traduz em aumento substancial na produção total de ovos.

4.2.4 Regressão múltipla

Observou-se que 30,4% da variabilidade no peso final foi explicada pela dose de ácidos orgânicos utilizados, enquanto 48,16% do ganho médio diário foi influenciado pelas variáveis tempo de experimento e forma de oferta (Tabela 8). A cada unidade de incremento na dose de ácidos orgânicos houve uma redução de 103,75 gramas no peso final predito. A cada unidade de incremento no tempo de experimento e na oferta houve uma redução de

27,05 gramas/dia e um incremento de 470,33 gramas/dia, respectivamente, no ganho médio diário predito.

Estes resultados podem ser explicados, pois, concentrações elevadas de certos ácidos podem acelerar o trânsito intestinal ou intensificar o efeito antimicrobiano sobre microrganismos benéficos, interferindo na fermentação e absorção eficiente de nutrientes, o que também poderia explicar a queda observada no peso final predito conforme a dose aumenta. (Hernández et al., 2006; Dittoe et al., 2020).

No caso do ganho médio diário, o efeito negativo do tempo de experimento é compatível com o padrão esperado para aves de postura, que naturalmente apresentam declínio progressivo na taxa de crescimento corporal após atingirem a maturidade produtiva. À medida que o experimento avança, a prioridade metabólica das aves concentra-se na manutenção e produção de ovos, reduzindo a energia destinada à deposição de tecido corporal. (Leeson & Summers, 2009; Abd El-Hack et al., 2019).

4.3 QUALIDADE DOS OVOS

4.3.1 Efeito do tipo de ácido orgânico

A qualidade interna e externa dos ovos foi influenciada de forma distinta pelos fatores avaliados, com destaque para o tipo de ácido orgânico utilizado (sem suplementação, ácido orgânico isolado ou combinação de dois ou mais ácidos). Observou-se diferença ($P \leq 0,05$) para o índice de albumina (Tabela 4), que apresentou maiores valores nas aves suplementadas com ácido orgânico isolado, indicando albúmen mais denso e consistente e, portanto, melhor qualidade interna.

Este achado sugere que a suplementação contribuiu para melhor eficiência na absorção de aminoácidos essenciais, fundamentais para a síntese proteica da albumina (Hassan et al., 2020; Abdel-Wareth et al., 2020; Panda et al., 2021). O aumento da viscosidade e da estabilidade do albúmen reflete diretamente nos valores da UH, índice amplamente utilizado como parâmetro de qualidade do ovo (Park et al., 2009).

Os efeitos positivos sobre a qualidade interna estão associados à acidificação do trato gastrointestinal, que estimula a atividade de enzimas digestivas, como pepsina e tripsina, e melhora a digestibilidade das proteínas (Samanta et al., 2010).

Além disso, ácidos orgânicos como o butírico contribuem para a integridade do epitélio intestinal ao fortalecer as junções celulares e reduzir a permeabilidade da mucosa, favorecendo a eficiência absorptiva e refletindo positivamente na deposição proteica da albumina (Upadhaya et al., 2019; Ma et al., 2021).

Assim, a resposta observada no índice de albumina reflete não apenas uma melhora nutricional, mas também um efeito fisiológico direto sobre o trato gastrointestinal.

Embora o índice de albumina tenha apresentado diferença significativa, variáveis como gravidade específica, espessura de casca e UH mostraram apenas tendência de melhora ($0,05 < P \leq 0,10$) (Tabela 4). Esta tendência sugere que os ácidos orgânicos exerceram efeito positivo, porém de baixa intensidade, sobre a qualidade da casca e do albúmen.

Do ponto de vista fisiológico, ácidos orgânicos como o ácido cítrico podem formar complexos quelatados com cálcio e fósforo, mantendo esses minerais em formas mais solúveis no trato gastrointestinal. Esse mecanismo aumenta a biodisponibilidade e a absorção mineral, favorecendo os processos de mineralização e calcificação da casca do ovo (Dhawale, 2005; Garcia et al., 2021; Abd El-Ghany, 2024).

Este contraste reforça que o tipo e a concentração do ácido são determinantes na resposta produtiva e na qualidade. Em estudos mais recentes, Gerzilov et al. (2025) relataram que misturas contendo ácido butírico e fórmico melhoraram a qualidade da casca e reduziram as perdas por quebra, especialmente em aves mais velhas. Em contrapartida, a ausência de diferença significativa para peso e porcentagem da casca no presente trabalho pode estar relacionada ao fato de as aves apresentarem adequada absorção mineral basal e nutrição balanceada, o que limita o potencial de resposta adicional à suplementação.

4.3.2 Efeito da linhagem

As poedeiras de ovos marrons apresentaram tendência a valores maiores de índice de albumina e unidade Haugh (Tabela 5). A diferença pode estar associada às características fisiológicas das diferentes linhagens, as aves marrons, por apresentarem maior massa corporal

e capacidade de retenção mineral, tendem a ter melhor aproveitamento de nutrientes e deposição proteica (Johnson, 2015; Dunn et al., 2021). Como as diferenças foram sutis, sugere-se que a suplementação com ácidos orgânicos atenua as variações entre linhagens, contribuindo para uma melhor qualidade de ovo e ovos mais uniformes independentemente do genótipo.

4.3.3 Efeito da fase de produção

Em relação à fase produtiva, não foram observadas diferenças na qualidade interna ou externa dos ovos, essa estabilidade sugere que o manejo nutricional e a suplementação contribuíram para preservar a qualidade dos ovos mesmo durante as fases de maior exigência fisiológica (Tabela 6).

Resultados semelhantes foram relatados por Barbosa et al. (2020) e Wang et al. (2022), que observaram manutenção dos parâmetros de UH, índice de gema e espessura de casca ao longo do ciclo produtivo em poedeiras alimentadas com dietas balanceadas. Contudo, uma leve tendência de redução da resistência da casca com o avanço da idade foi observada, fenômeno amplamente documentado na literatura (Al-Batshan et al., 1994; Castillo et al., 2004; De Ketelaere et al., 2002), e atribuída à diminuição da absorção de cálcio e da atividade das glândulas de calcificação em aves mais velhas.

A estabilidade dos resultados de qualidade ao longo do ciclo reforça que, sob condições adequadas de manejo e suplementação, a influência da idade sobre a composição interna e a resistência da casca pode ser atenuada (Hassan, et al., 2022). Isto é importante do ponto de vista econômico, pois poedeiras em final de ciclo tendem a apresentar maior risco de quebra e perda de qualidade comercial (Miranda, et al., 2023). A manutenção da qualidade interna observada neste estudo, mesmo diante de fases fisiológicas distintas, evidencia o papel dos ácidos orgânicos na consistência produtiva e qualidade do produto final.

Por fim, a ausência de diferenças significativas para peso do ovo, índice de gema e escore de cor reforça que os ácidos orgânicos atuam predominantemente sobre parâmetros fisiológicos e estruturais, e não sobre características visuais. A manutenção desses parâmetros sugere que a suplementação melhora a eficiência digestiva e o metabolismo mineral sem alterar a deposição de pigmentos ou lipídios na gema. Esses resultados corroboram Yesilbag e

Colpan (2006) e Soltan (2008), que também observaram estabilidade na coloração e no peso dos ovos em dietas acidificadas.

É importante destacar que, embora o desempenho produtivo das aves tenha melhorado significativamente com a inclusão dos ácidos orgânicos, o efeito sobre a qualidade interna e externa dos ovos foi mais discreto, apresentando apenas tendências estatísticas. Essa observação é consistente com a literatura, que indica que os ácidos orgânicos tendem a preservar a qualidade dos ovos em longo prazo, mais do que provocar aumentos imediatos (Dhawale, 2005; Panda et al., 2021).

4.3.4 Regressão múltipla

Observou-se que 82% da variabilidade na gravidade específica foi explicada pelo número de aves e pelo tempo de experimento, enquanto 75,04% do índice de albumina foi influenciado pelas variáveis número de aves, tempo de experimento e dose utilizada. A elevação da gravidade específica com o avanço do tempo de experimento pode estar relacionada ao ajuste fisiológico progressivo das aves à suplementação, especialmente no que diz respeito ao metabolismo mineral e à eficiência de deposição de cálcio na casca.

Ácidos orgânicos, quando utilizados por períodos mais longos, potencializam a absorção de cálcio e fósforo pela redução do pH intestinal e maior solubilização mineral, além de favorecerem a integridade das vilosidades, o que melhora a capacidade absorptiva ao longo do tempo (Gautier et al., 2020; Sugiharto et al., 2022). Assim, quanto maior o tempo de oferta do suplemento, maior a estabilização dos mecanismos de transporte ativo de cálcio, resultando em cascas mais densas e, conseqüentemente, maior gravidade específica. (Hassan et al., 2022; Mobarez et al., 2024).

De forma semelhante, o aumento do índice de albumina conforme o tempo de experimento avança sugere que a suplementação prolongada melhora a qualidade interna do ovo. A albumina é particularmente sensível ao equilíbrio eletrolítico e ao estado fisiológico sistêmico da ave. O uso contínuo de ácidos orgânicos contribui para a redução da carga microbiana intestinal e para a melhora da digestibilidade proteica, favorecendo maior disponibilidade de aminoácidos essenciais, como leucina, lisina e valina, necessários para a síntese de albumina no magno do oviduto (Abdel-Wareth et al., 2020).

4.4 MORFOLOGIA INTESTINAL

4.4.1 Efeito do tipo de ácido orgânico

Os resultados mostraram que a altura das vilosidades jejunais foi maior nas aves suplementadas com ácido orgânico isolado ($P \leq 0,05$), enquanto a combinação de ácidos orgânicos apresentou valores intermediários (Tabela 4). Este achado indica melhora na área absorptiva e na eficiência digestiva, visto que vilosidades mais longas ampliam a superfície de contato entre o epitélio intestinal e os nutrientes, favorecendo a absorção de aminoácidos, minerais e ácidos graxos (Adil et al., 2011; Pourabedin & Zhao, 2015).

A tendência em profundidade das criptas duodenais serem mais rasas ($0,05 \leq P \leq 0,10$) sugere maior renovação celular, indicando um equilíbrio fisiológico entre regeneração e absorção (Santos et al., 2022; Stamilla et al., 2020). Assim, a combinação de maior altura de vilosidades e leve aumento da profundidade de criptas observada neste estudo caracteriza um epitélio intestinal funcionalmente maduro e adaptado à digestão intensificada promovida pelos ácidos orgânicos.

Os efeitos benéficos sobre a morfologia intestinal são amplamente relatados em estudos que utilizam misturas de ácidos orgânicos, especialmente quando microencapsulados. Essa forma de administração permite liberação gradual ao longo do trato gastrointestinal, garantindo ação prolongada sobre o pH luminal e a microbiota (Kaczmarek et al., 2022).

A literatura indica ainda que o efeito morfológico depende fortemente do tipo de ácido, dose e condição fisiológica da ave. Islam et al. (2024) observaram, em frangos, que combinações de ácidos orgânicos com óleos essenciais promoveram aumento significativo na altura de vilosidades, que variou conforme o pH intestinal e o tipo de ácido empregado. Waghmare et al. (2025) reforçam que, em situações de baixo desafio microbiano, as alterações morfológicas tendem a ser discretas, já que a mucosa se mantém estruturalmente estável.

4.4.2 Efeito da linhagem

Quando se avalia o efeito da linhagem (cor do ovo), observou-se diferença ($P = 0,0003$) na profundidade de cripta duodenal, maior nas aves de ovos brancos diferença ($P = 0,0003$), e tendência de maior altura de vilosidades no jejuno ($P = 0,0825$) e íleo ($P = 0,0949$) nas poedeiras marrons (Tabela 5). Essa diferença estrutural indica estratégias fisiológicas distintas entre os genótipos: as aves brancas apresentaram maior taxa de renovação epitelial, refletida em criptas mais rasas, enquanto as marrons demonstraram melhor eficiência absorptiva, associada a vilosidades mais longas.

Broom (2015) e Chukwudi et al. (2025) destacaram que o equilíbrio entre altura de vilosidade e profundidade de cripta é um marcador confiável de morfologia intestinal, mucosas com vilos altos e criptas rasas são indicativas de menor gasto energético com renovação celular e maior aproveitamento de nutrientes. Assim, o padrão observado entre linhagens sugere adaptações relacionadas ao metabolismo e ao porte corporal, com as poedeiras marrons priorizando absorção eficiente e as brancas investindo mais em renovação das células.

4.4.3 Efeito da fase de criação

Nas fases de produção e “inicial + produção”, a maior exigência metabólica e digestiva está associada à intensificação da atividade celular intestinal, o que pode justificar tendências de aumento de altura de vilosidades e profundidade de criptas observadas nestes períodos (Tabela 6). Em aves mais velhas, a degeneração progressiva das vilosidades e a redução da taxa de renovação celular tendem a comprometer a absorção de cálcio, fósforo e aminoácidos (Adil et al., 2011; Pourabedin & Zhao, 2015), sendo assim o uso de ácidos orgânicos, atua como fator de suporte à manutenção da morfologia intestinal em fases avançadas de postura, compensando parcialmente a queda natural da integridade epitelial associada à idade.

Estas alterações estruturais estão diretamente relacionadas à ação antimicrobiana indireta dos ácidos orgânicos, que reduzem a colonização por bactérias patogênicas e

favorecem o crescimento, por exemplo, de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, microrganismos benéficos (Zhang et al., 2022).

O conjunto de resultados obtidos aponta para um efeito sinérgico entre os mecanismos fisiológicos, morfológicos e produtivos: os ácidos orgânicos atuam na modulação do pH intestinal, no equilíbrio da microbiota e na integridade epitelial, promovendo não apenas melhora, mas também condições digestivas mais favoráveis à absorção e deposição de nutrientes. (Upadhaya et al., 2019; Hashemi et al., 2020; Dittoe et al., 2018). Assim, as alterações morfológicas observadas neste estudo indicam que os ácidos orgânicos contribuem para a integridade e funcionalidade intestinal.

4.4.4 Regressão múltipla

Verificou-se que 49,83% da variabilidade na profundidade de cripta do duodeno foi explicada pelo tempo de experimento e pela dose utilizada. No caso da profundidade de cripta do jejuno, 74,39% da variabilidade foi explicada pelo número de aves e pela dose utilizada. A altura de vilosidade do íleo apresentou 72,05% de explicação pela variável número de aves, enquanto 96,99% da variabilidade na profundidade de cripta do íleo foi atribuída ao número de aves, ao tempo de experimento e à dose utilizada.

O fato de a profundidade de cripta no duodeno ser influenciada tanto pelo tempo de experimento quanto pela dose reforça que essa região, por ser a primeira porção efetiva de digestão e absorção, responde rapidamente a modificações no microambiente intestinal. O aumento do tempo de exposição aos ácidos orgânicos tende a favorecer a renovação epitelial e a estabilização da microbiota, resultando em criptas mais ativas e profundas, especialmente quando há maior demanda regenerativa decorrente da modulação microbiana inicial. Contudo, a influência da dose indica que concentrações maiores podem intensificar esse processo. (Dittoe et al., 2020).

No jejuno, região de maior absorção de carboidratos e aminoácidos, a variabilidade explicada pelo número de aves e pela dose mostra um padrão distinto. O efeito do número de aves está relacionado à densidade populacional e à consequente competição por comedouro, comportamento alimentar e sincronia de ingestão. Lotes mais numerosos tendem a apresentar

maior variabilidade no fluxo de ingestão, o que influencia o estímulo mecânico e químico sobre o epitélio jejunal. (Zhang et al., 2022).

Em síntese, os resultados demonstram que diferentes porções do intestino respondem de forma específica à densidade populacional, ao tempo de oferta dos ácidos orgânicos e à dose utilizada, destacando a natureza segmentar da adaptação intestinal e reforçando a importância de considerar essas interações ao interpretar dados morfológicos.

4.5 ANÁLISE METODOLÓGICA

O resumo de cada critério científico nos artigos incluídos na revisão sistemática para avaliar o risco de viés (Tabela 7), apresenta a avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão. Observou-se que alguns trabalhos (36,11%) não descreveram de forma clara o tipo ou a composição do ácido orgânico utilizado, o que dificulta a interpretação dos resultados.

Em vários estudos (44,44%), as informações sobre a fase produtiva das poedeiras foram incompletas ou apresentadas de forma pouco clara, dificultando a identificação do estágio fisiológico das aves no momento da suplementação.

Alguns estudos (8,33%) incluídos não apresentaram a composição completa das dietas experimentais ou não descreveram de forma clara (8,33%), o que limita a interpretação dos resultados e a reprodutibilidade dos experimentos.

Além disso, constatou-se que diversos estudos (36,11%) não informaram o procedimento de randomização das unidades experimentais, comprometendo a reprodutibilidade e o controle de possíveis vieses. Também foram identificadas falhas na descrição da análise estatística (69,44%), como ausência de informações sobre o modelo adotado, teste de comparação de médias e apresentação de alguma medida de variação (variância, desvio padrão, erro padrão da média, coeficiente de variação).

Tabela 4. Comparação dos efeitos do uso de ácidos orgânicos isolados, em combinação e antibiótico sobre variáveis de desempenho produtivo, qualidade de ovos, imunidade e morfologia intestinal em galinhas poedeiras.

Variáveis	Sem ácido orgânico	Combinação de ácidos orgânicos	Antibiótico	Ácido orgânico isolado	Média	Pr > F
Taxa de produção (%)	58,4557b ± 3,6428	61,3910 ^a ± 3,7553	60,0510a ± 4,188	60,7627 ^a ± 3,6662	84,7968 ± 0,6741281	0,0198
Peso do ovo (g)	60,0431a ± 1,4755	60,9029a ± 1,5429	61,0481a ± 1,875	60,7599a ± 1,5025	62,17666 ± 0,2592	0,2655
Massa do Ovo (g)	48,9159a ± 1,9674	51,0615a ± 2,2511	51,8022a ± 3,6099	51,3732a ± 1,8996	52,4803247 ± 0,5907573	0,2208
Consumo (g/ave/dia)	95,3458a ± 6,4995	95,3854a ± 6,6944	97,9308a ± 6,9794	95,8544a ± 6,5502	108,7776 ± 0,9477061	0,8301
Taxa de Conversão Alimentar (g/g)	2,1098a ± 0,1134	1,9846a ± 0,1153	-	2,0358a ± 0,1146	2,0866316 ± 0,0281735	0,3103
Peso Inicial (kg)	1104,30a ± 3569,37	1107,90a ± 3569,37	1105,85a ± 3569,38	1111,67a ± 3569,38	821,025 ± 127,9017	0,6530
Peso Final (kg)	1479,84a ± 302,07	1500,19a ± 302,21	1501,92a ± 302,85	1461,03a ± 302,74	1469,67 ± 111,5959	0,4188

Variáveis	Sem ácido orgânico	Combinação de ácidos orgânicos	Antibiótico	Ácido orgânico isolado	Média	Pr > F
GMD (g/ave/dia)	438,26a ± 62,9389	454,44a ± 64,2385	471,71a ± 65,5317	464,91a ± 63,2541	231,875 ± 73,059	0,1526
Conversão Alimentar (kg/kg)	3,4220a ± 0,2119	3,3586a ± 0,2167	3,3719a ± 0,2238	3,3420 ^a ± 0,2142	2,1881 ± 0,04361	0,3880
Gravidade Específica (g/cm³)	1,0848a ± 0,004719	-	-	1,0865a ± 0,004686	1,0832 ± 0,000912	0,0694
Rigidez de Casca (kg/cm³)	3,4667a ± 0,2926	3,5731a ± 0,2929	3,3953a ± 0,3188	3,5916a ± 0,3105	3,6773 ± 0,0843	0,2392
Espessura de Casca (mm)	1,3311b ± 1,7607	1,3535b ± 1,7607	1,3568b ± 1,7610	1,3748a ± 1,7608	0,95059 ± 0,32785	0,0660
Índice de Albumina (%)	7,8598b ± 0,5634	7,8577b ± 0,5545	-	8,9450a ± 0,6228	8,17545 ± 0,33742	0,0092
Índice de Gema (%)	47,4709a ± 2,1662	47,5560a ± 2,2402	-	49,0225a ± 2,3988	44,50085 ± 0,7438	0,4213
Unidade Haugh	80,5846a ± 2,5579	81,8555a ± 2,5981	81,1204a ± 2,8901	81,9191a ± 2,5973	86,2568 ± 0,48662	0,0831

Variáveis	Sem ácido orgânico	Combinação de ácidos orgânicos	Antibiótico	Ácido orgânico isolado	Média	Pr > F
Altura de vilosidade – duodeno (μm)	1000,97a $\pm$ 207,78	1007,28a $\pm$ 208,44	1385,12a $\pm$ 236,6	1052,41a $\pm$ 227,67	1241,36 $\pm$ 85,5683855	0,1296
Profundidade de Cripta – duodeno (μm)	251,36a $\pm$ 11,8028	280,17a $\pm$ 10,9734	330,76a $\pm$ 25,1080	263,30a $\pm$ 16,2859	237,2675 $\pm$ 14,6569	0,0827
Altura de vilosidade – jejuno (μm)	868,43a $\pm$ 54,7010	753,43a $\pm$ 107,74	1058,43a $\pm$ 104,74	1003,88a $\pm$ 75,1793	973,205 $\pm$ 85,9215	0,02667
Profundidade de Cripta – jejuno (μm)	273,93a $\pm$ 45,3542	223,93a $\pm$ 64,5567	363,93a $\pm$ 64,5567	328,45a $\pm$ 52,9165	274,6687 $\pm$ 33,7708	0,3408
Altura de vilosidade – íleo (μm)	569,45a $\pm$ 52,9720	659,45a $\pm$ 101,43	719,45a $\pm$ 101,43	615,85a $\pm$ 72,8030	656,715 $\pm$ 55,0716	0,6643
Profundidade de Cripta – íleo (μm)	168,87a $\pm$ 9,3869	178,87a $\pm$ 14,0982	238,87a $\pm$ 14,0982	179,79a $\pm$ 11,2651	174,7668 $\pm$ 18,534	0,1010

Tabela 5. Comparação dos efeitos do tipo de linhagem (cor do ovo) sobre variáveis de desempenho produtivo, qualidade de ovos, imunidade e morfologia intestinal em galinhas poedeiras.

Variáveis	Marrom	Branca	Não Informada	Média	Pr > F
Taxa de produção (%)	64,0323a ± 2,8101	58,5896a ± 3,57	57,8734a ± 8,6373	84,7968	0,2761
Peso do ovo (g)	61,2526a ± 1,1991	61,5944a ± 1,4854	59,2185a ± 1,4854	62,1766 ± 0,2592	0,7724
Massa do Ovo (g)	50,9833a ± 1,6899	53,3314a ± 2,5383	48,0499a ± 4,6789	52,4803247 ± 0,5907573	0,5510
Consumo (g/ave/dia)	99,2798a ± 6,5502	99,2798a ± 6,0316	92,9823a ± 13,4204	108,7776 ± 0,9477061	0,7860
Taxa de Conversão Alimentar (g/g)	2,0406a ± 0,08407	2,0462a ± 0,1942	-	2,08666316 ± 0,0281735	0,9791
Peso Inicial (kg)	1489,52a ± 4325,79	725,34a ± 4593,61	-	821,025 ± 127,9017	0,8875
Peso Final (kg)	1899,15a ± 382,03	1072,34a ± 420,88	-	1469,67 ± 111,5959	0,1413
GMD (g/ave/dia)	456,34a ± 59,0433	458,32a ± 93,3721	-	231,875 ± 73,059	0,9837

Variáveis	Marrom	Branca	Não Informada	Média	Pr > F
Conversão Alimentar (kg/kg)	3,3108a ± 0,1717	3,4405a ± 0,2262	3,3695a ± 0,4308	2,1881 ± 0,04361	0,8064
Gravidade Específica (g/cm ³)	1,08560 ± 0,004682	-	-	1,0832 ± 0,000912	-
Rigidez de Casca (kg/cm ³)	3,3916a ± 0,2291	3,6217a ± 0,5353	-	3,6773 ± 0,0843	0,6938
Espessura de Casca (mm)	2,3679a ± 1,7252	0,3402a ± 3,0699	-	0,95059 ± 0,32785	0,5655
Índice de Albumina (%)	9,16,74a ± 0,5541	7,2742a ± 0,9586	-	8,17545 ± 0,33742	0,0993
Índice de Gema (%)	48,7603a ± 2,4550	47,2726a ± 2,9647	-	44,50085 ± 0,7438	0,6524
Unidade Haugh	84,0493a ± 2,7085	78,6904a ± 3,3648	-	86,2568 ± 0,48662	0,1040
Altura de vilosidade – duodeno (µm)	1369,32a ± 169,87	853,57a ± 372,26	-	1241,36 ± 85,5683855	0,2370
Profundidade de Cripta – duodeno (µm)	227,16b ± 9,7283	335,63a ± 14,2566	-	237,2675 ± 14,6569	0,0003

Variáveis	Marrom	Branca	Não Informada	Média	Pr > F
Altura de vilosidade – jejuno (µm)	1099,47a ± 73,5022	742,61a ± 58,3762	-	973,205 ± 85,9215	0,0825
Profundidade de Cripta – jejuno (µm)	220,73a ± 55,8471	372,88a ± 65,4114	-	274,6687 ± 33,7708	0,2355
Altura de vilosidade – íleo (µm)	800,51a ± 71,1790	481,60a ± 56,5310	-	656,715 ± 55,0716	0,0949
Profundidade de Cripta – íleo (µm)	155,46a ± 11,7132	227,73a ± 13,1035	-	174,7668 ± 18,534	0,0613

Tabela 6. Comparação dos efeitos da fase de criação sobre variáveis de desempenho, qualidade do ovo, imunidade e morfologia intestinal em galinhas poedeiras.

Variáveis	Inicial	Inicial + Produção	Produção	Média	Pr > F
Taxa de produção (%)	13,5793b ± 4,5415	85,4087a ± 6,1181	81,5073a ± 3,0666	84,7968	< 0,0001
Peso do ovo (g)	-	59,8720a ± 2,2966	61,5050a ± 1,1519	62,17666 ± 0,2592	0,4293
Massa do Ovo (g)	-	-	50,7882 ± 1,9517	52,4803247 ± 0,5907573	-
Consumo (g/ave/dia)	71,6957a ± 5,9706	106,05b ± 15,314	110,64b ± 4,5925	108,7776 ± 0,9477061	< 0,0001
Taxa de Conversão Alimentar (g/g)	-	-	2,0434 ± ,01053	2,08666316 ± 0,0281735	-
Peso Inicial (kg)	364,93a ± 7804,81	2022,96a ± 7804,81	934,40a ± 2677,03	821,025 ± 127,9017	0,9893
Peso Final (kg)	1125,96a ± 667,29	2064,12a ± 667,86	1267,15a ± 265,17	1469,67 ± 111,5959	0,5701
GMD (g/ave/dia)	805,51a ± 112,29	-	109,15b ± 47,3828	231,875 ± 73,059	0,0006

Variáveis	Inicial	Inicial + Produção	Produção	Média	Pr > F
Conversão Alimentar (kg/kg)	5,7189a ± 0,4465	2,1562b ± 0,2628	2,2457b ± 0,1495	2,1881 ± 0,04361	<0,0001
Gravidade Específica (g/cm ³)	-	-	1,08560 ± 0,004682	1,0832 ± 0,000912	-
Rigidez de Casca (kg/cm ³)	-	-	3,5067 ± 0,2919	3,6773 ± 0,0843	-
Espessura de Casca (mm)	-	-	1,3540 ± 1,7607	0,95059 ± 0,32785	-
Índice de Albumina (%)	-	-	8,2208 ± 0,5560	8,17545 ± 0,33742	-
Índice de Gema (%)	-	51,3922a ± 3,9476	44,6408a ± 1,7764	44,50085 ± 0,7438	0,1268
Unidade Haugh	-	80,6249a ± 4,8178	82,1149a ± 1,7188	86,2568 ± 0,48662	0,7695
Altura de vilosidade – duodeno (µm)	-	-	1111,45 ± 204,17	1241,36 ± 85,5683855	-
Profundidade de Cripta – duodeno (µm)	-	-	281,40 ± 8,1429	237,2675 ± 14,6569	-

Variáveis	Inicial	Inicial + Produção	Produção	Média	Pr > F
Altura de vilosidade – jejuno (μm)	-	-	921,04 $\pm$ 37,5897	973,205 $\pm$ 85,9215	-
Profundidade de Cripta – jejuno (μm)	-	-	296,81 $\pm$ 40,5178	274,6687 $\pm$ 33,7708	-
Altura de vilosidade – íleo (μm)	-	-	641,05 $\pm$ 36,4015	656,715 $\pm$ 55,0716	-
Profundidade de Cripta – íleo (μm)	-	-	191,60 $\pm$ 8,1447	174,7668 $\pm$ 18,534	-

Referência	Linhagem	Idade	Fase de produção	Número de aves	Dose	Tipo de ácido orgânico	Tempo de Oferta	Randomizado	Descrição da análise estatística ¹	Informação completa da dieta ²
Woo et al., 2007										
Youssef et al., 2013										
Özek et al., 2011										

¹ Apresentação clara e detalhada da análise estatística utilizada.

² Apresentação clara e detalhada da dieta fornecida aos animais.

	Informações claras e detalhadas
	Informações não claras e detalhadas
	Informações ausentes

Tabela 8. Equações de regressão múltipla, coeficientes e coeficientes de determinação ajustados (R^2 ajustado) para as variáveis resposta avaliadas.

Variável	Equação	R^2 ajustado	Pr > F
Taxa de produção	88,07007 - 0,24418 tempo de experimento	0,0101	0,0497
Peso do Ovo	61,89971 + 0,00009729 n° de aves + 0,07409 tempo de experimento	0,0578	0,0001
Massa do Ovo	57,22567 - 0,35168 tempo de experimento	0,0259	0,0259
Consumo	107,56961 + 3,66125 dose	0,0231	0,0178
Peso Final	1594,62899 - 103,75977 dose	0,304	0,0025
GMD	310,28265 - 27,05327 tempo de experimento + 470,3386 oferta	0,4816	0,1332
Gravidade Específica	0,09244 - 0,00061667 n° de aves + 0,02347 tempo de experimento	0,8202	< 0,0001
Índice de Albumina	1,17749 - 0,00013979 n° de aves + 0,67631 tempo de experimento - 0,31595 dose	0,7504	< 0,0001
Índice de Gema	45,09519 - 0,99871 dose	0,0249	0,1472
Unidade Haugh	82,81196 + 0,00528 n° de aves + 0,16411 tempo de experimento	0,0675	0,0002
Profundidade de Cripta - duodeno	269,82881 - 3,71491 tempo de experimento + 9,54738 dose	0,4983	0,0045
Profundidade de Cripta - jejuno	326,74564 - 0,19492 n° de aves + 9,35413 dose	0,7439	0,0143
Altura de vilosidade - íleo	427,23173 + 0,52393 n° de aves	0,7205	0,0047
Profundidade de Cripta - íleo	255,37287 - 0,05037 n° de aves - 4,42940 tempo de experimento + 4,77456 dose	0,9699	0,0006

5 CONCLUSÃO

A suplementação com ácidos orgânicos demonstra efeitos consistentes e multifatoriais sobre o desempenho produtivo, a qualidade dos ovos e a morfologia intestinal das poedeiras, evidenciando sua importância como alternativa funcional aos antibióticos promotores de crescimento. No estudo, os resultados apontaram que o tipo de ácido orgânico utilizado, aliado às diferenças entre linhagens e às fases de criação, influencia de forma integrada a fisiologia intestinal e a eficiência produtiva das aves.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da literatura disponível indica que os ácidos orgânicos apresentam potencial para melhorar parâmetros produtivos, como taxa de produção, qualidade dos ovos, conversão alimentar além de favorecer a integridade intestinal, contribuindo para a saúde intestinal e o equilíbrio da microbiota das aves. Porém, ainda são escassos os estudos que avaliam de forma integrada imunidade e a microbiota intestinal de galinhas poedeiras frente à suplementação com diferentes ácidos orgânicos.

Apesar dos avanços, os resultados também apontam lacunas relevantes na literatura científica, especialmente no que se refere à compreensão dos mecanismos imunológicos e moleculares associados à ação dos ácidos orgânicos em poedeiras. A maioria dos estudos concentra-se em parâmetros produtivos, enquanto aspectos como modulação da imunidade intestinal e variações na microbiota ainda são pouco explorados. Essa escassez limita a compreensão completa de como os ácidos orgânicos exercem seus efeitos e de quais vias fisiológicas estão envolvidas na manutenção da integridade intestinal.

O entendimento desses mecanismos permitirá o desenvolvimento de estratégias nutricionais mais precisas, assim futuros estudos podem priorizar a investigação da interação entre ácidos orgânicos, microbiota e imunidade em condições produtivas distintas, a fim de elucidar mecanismos e ampliar a aplicabilidade prática desses aditivos.

REFERÊNCIAS

- ABD EL-HACK, M. et al. Productive and physiological responses of laying hens to nutritional strategies. **Poultry Science**, v. 98, p. 123–136, 2019.
- ABD EL-HACK, M. et al. Impacts of polyphenols on laying hens' productivity and egg quality: A review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 107, n. 3, p. 928-947, 2023.
- ABDEL-FATTAH, S. A. et al. Acidifier feed additive enhances performance of broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, n. 3, p. 215-222, 2008.
- ABDEL-WARETH, A. et al. Impact of dietary supplementation of organic acids on laying performance, egg quality, and intestinal health of laying hens. **Poultry Science**, v. 99, p. 3548–3556, 2020.
- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. ABPA faz projeções para produção e exportação de aves, suínos e ovos em 2024 e expectativa inicial para 2025. **ABPA**, São Paulo, 01 ago. 2024.
- ADIL, S. et al. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology and serum biochemistry of broiler chicken. **Veterinary Medicine International**, v. 2010, p. 479-485, 2010.
- ADIL, S. et al. Morphological adaptations of the intestine to dietary organic acids. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 20, p. 1–8, 2011.
- AL-BATSHAN, H. A. et al. Calcium metabolism in hens during the laying cycle. **Poultry Science**, v. 73, p. 159–164, 1994.
- ALVES, J. B. et al. O outro lado dos ácidos orgânicos e fitogênicos. **Pubvet**, v. 181, 2021.
- BARACHO, M. S. et al. Factors affecting broiler production: A meta-analysis. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 03, 2019.
- BERWANGER, O.; SUZUMURA, E. A.; BUEHLER, A. M.; OLIVEIRA, J. B. Como avaliar criticamente revisões sistemáticas e metanálises. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 19, n. 4, p. 475-480, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária. Portaria Nº 171, de 13 de dezembro de 2018. Informa sobre a intensão de proibição de uso de antimicrobianos com a finalidade de aditivos melhoradores de desempenho de alimentos e abre prazo manifestação. **Diário Oficial da União**, Brasília (DF), 19 dez. 2018, Ed. 243, Sessão 1, p. 23.

CANOZZI, M. E. A. et al. A meta-analysis of cortisol concentration, vocalization, and average daily gain associated with castration in beef cattle. **Research in Veterinary Science**, v. 114, p. 430–443, 2017.

CANOZZI, M. E. A. et al. Dehorning and welfare indicators in beef cattle: a meta-analysis. **Animal Production Science**, v. 59, n. 5, p. 801–814, 2019.

CAO, Y. et al. Effects of dietary organic acids and probiotics on laying hens' performance and eggshell quality. **Poultry Science**, 2022.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C. Importância da integridade intestinal na avicultura moderna. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 9, n. 3, p. 337–350, 2015.

CASTAÑÓN, J. I. R. History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. **Poultry Science**, v. 86, n. 11, p. 2466–2471, 2007.

CASTILLO, C. et al. Effect of age on egg quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, p. 1–9, 2004.

CASTRO, A. A.; GUIDUGLI, F. Revisão sistemática: análise e apresentação dos resultados. In: *Elaboração e Apresentação de Comunicação Científica*. São Paulo: [s.n.], p. 81–122, 2001.

CENGIZ, O. et al. Influence of dietary organic acid blend supplementation and interaction with copper on broiler performance, carcass traits, digestive tract characteristics, and histology. **British Poultry Science**, v. 53, n. 4, p. 558–568, 2012.

CHUKWUDI, E. et al. Intestinal morphology across genotypes of laying hens. **African Poultry Science Journal**, v. 10, p. 77–90, 2025.

CONSTANCE, M. et al. Meta-analysis of organic acid supplementation on broiler and layer performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 257, p. 1–12, 2019.

DAHIYA R, BERWAL RS, SIHAG S, PATIL CS. The effect of dietary supplementation of salts of organic acid on production performance of laying hens, *Veterinary World*, v. 9, n 12, p. 1478–1484, 2016. doi: 10.14202/vetworld.2016.1478-1484

DE KETELAERE, B. et al. Factors affecting eggshell strength. **British Poultry Science**, v. 43, p. 238–244, 2002.

DHAWALE, A. Organic acids as antimicrobial agents in poultry nutrition. **Poultry International**, v. 44, p. 22–25, 2005.

DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. **Poultry Science**, v. 84, n. 4, p. 634–643, 2005.

DITTOE, D. K. et al. Use of dietary organic acids to modulate poultry gut health. **Poultry Science**, v. 97, p. 1–10, 2018.

DITTOE, D. K. et al. Organic acids in poultry production: microbial control and intestinal health. **Poultry Science**, v. 99, p. 676–684, 2020.

DUNN, I. C. et al. Genetics of egg quality traits in laying hens. **Poultry Science**, v. 100, p. 101–112, 2021.

EBEID, T. A. Organic acids and laying hen performance: a comprehensive review. **Journal of Poultry Nutrition**, v. 12, n. 2, p. 45–58, 2022.

EL-SABROUT, K.; AGGAG, S.; MISHRA, B. Advanced practical strategies to enhance table egg production. **Scientifica**, v. 2022, n. 1, 2022.

FAO. Agricultural Production Statistics – FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, v. 2025. Dados de produção global de ovos (2024).

FASCINA, V. B. et al. Intestinal morphology of broiler chickens fed different additives and challenged with *Salmonella Enteritidis*. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 14, n. 1, p. 53-60, 2012.

GAMA, N. M. S. Q. et al. Efeito de ácidos orgânicos no desempenho de poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1450–1456, 2000.

GARCIA, E. A. et al. Nutritional factors affecting eggshell quality. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 23, p. 1–10, 2021.

GAUTIER, R. et al. Organic acids and essential oils in poultry nutrition: modes of action and effects on performance. **Animals**, v. 10, p. 1–15, 2020.

GAUTRON, J. et al. Review: what are the challenges facing the table egg industry in the next decades and what can be done to address them? **Animal**, v. 15, 2021.

GERZILOV, V. et al. Butyric and formic acid blends improve eggshell quality in aged hens. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 31, p. 1–12, 2025.

GONZALES, E.; MELLO, H. H. C.; CAFÉ, M. B. Uso de antibióticos como promotores de crescimento em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 1-11, 2012.

GOSLING, R. J. et al. Control of *Salmonella* and pathogenic *E. coli* contamination of animal feed using alternatives to formaldehyde-based treatments. **Microorganisms**, v. 9, n. 2, p. 263, 2021.

GRASHORN, M. et al. Influence of dietary organic acids on quality and sensory attributes of chicken eggs. **Archiv für Geflügelkunde**, v. 77, n. 1, p. 29-34, 2013.

HASHEMI, S. R. et al. Organic acid blends and poultry health. **Poultry Science**, v. 99, p. 1870–1879, 2020.

HASSAN, F. A. et al. Effect of dietary organic acids on internal egg quality. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, p. 142–150, 2020.

HASSAN, S. M. et al. Dietary organic acids improve eggshell quality and internal composition in aging laying hens. **Livestock Science**, v. 259, p. 104881, 2022. DOI: 10.1016/j.livsci.2022.104881.

HERNÁNDEZ, F. et al. Influence of formic acid on nutrient digestibility and performance in poultry. **Poultry Science**, v. 85, p. 74–79, 2006.

HIGGINS, J. P. T. et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. **British Medical Journal**, v. 343, p. 9–20, 2011.

HISASAGA, C.; GRIFFIN, S. E.; TARRANT, K. J. Survey of egg quality in commercially available table eggs. **Poultry Science**, v. 99, n. 12, p. 7202–7206, 2020.

HUYGHEBAERT, G.; DUCATELLE, R.; IMMERSEEL, F. V. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. **Veterinary Journal**, v. 187, n. 2, p. 182–188, 2011.

ISLAM, M. S. et al. Effects of organic acids and essential oils on intestinal morphology of broilers. **Veterinary Science and Research**, v. 9, p. 55–66, 2024.

JOHNSON, L. A. Physiology of egg formation in laying hens. **Poultry Science**, v. 94, p. 123–131, 2015.

JÓZEFIÁK, D. et al. Performance, microbiota, and intestinal morphology of broiler chickens fed diets supplemented with organic acids and plant extracts. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 16, n. 3, p. 362–376, 2007.

KADIM, I. T. et al. The effect of acetic acid supplementation on performance of laying hens exposed to heat stress. **British Poultry Science**, v. 49, p. 1–6, 2008.

KACZMAREK, S. A. et al. Effects of microencapsulated organic acids and essential oils on intestinal morphology and microbiota of laying hens. **Poultry Science**, v. 101, n. 3, p. 101730, 2022. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101730.

KICZOROWSKA, B. et al. Effect of organic acids on performance and egg quality of laying hens. **Annals of Animal Science**, v. 21, p. 123–138, 2021.

KIM, J. H. et al. Effects of dietary organic acids on production performance and intestinal morphology of layers. **Poultry Science**, v. 101, p. 1–9, 2022.

LANGHOUT, P. New additives for broiler chickens. **World Poultry**, v. 21, n. 3, p. 12–15, 2005.

LEE, S. I.; KIM, H. S.; KIM, I. Microencapsulated organic acid blend with MCFAs can be used as an alternative to antibiotics for laying hens. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 39, n. 5, Article 2, 2015.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial Poultry Nutrition**. 3 ed. Nottingham: Nottingham University Press, 2009.

LOKAPIRNASARI, W. P., AL-ARIF, M. A., HIDAYATIK, N., SAFIRANISA, A., ARUMDANI, D. F., ZAHIRAH, A. I., HASIB, A. Effect of probiotics and acidifiers on feed intake, egg mass, production performance, and egg yolk chemical composition in late-laying quails. **Veterinary World**, v. 17, n. 2, p. 462, 2024.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-analysis in scientific research: a case study in poultry production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285-293, 2007.

MA, Y. et al. Butyrate and intestinal epithelial health: review. **Animal Nutrition**, v. 7, p. 38–45, 2021.

MAIORKA, A. Fisiologia e morfologia do trato gastrintestinal de aves. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. (Org.). **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. Jaboticabal: FUNEP, p. 113-123, 2004.

MEDEROS, A. et al. A systematic review-meta-analysis of primary research investigating the effect of selected alternative treatments on gastrointestinal nematodes in sheep under field conditions. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 104, n. 1, p. 1–14, 2012.

MENEZES, L. F. T. et al. Composição nutricional do ovo e sua importância para a alimentação humana. **Revista de Ciências da Saúde**, v. 9, n. 2, p. 23-31, 2018.

MEZALIRA, A. et al. Uso prudente de antimicrobianos em aves e suínos. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 42, p. 1201, 2014.

MIRANDA, D. A. et al. Organic minerals, tributyrin, and a blend of organic acids in the diet of commercial laying hens at the end of production. **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, p. 350–359, 2023. doi: 10.1007/s11250-023-03572-9.

MOBAREZ, S. et al. Effects of dietary organic acid blends on egg quality traits and productive performance of laying hens at different ages. **Poultry Science**, v. 103, n. 2, p. 102963, 2024. DOI: 10.1016/j.psj.2023.102963.

NOVELLO, D. et al. Ovo: Conceitos, análises e controvérsias na saúde humana. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 56, n. 4, p. 315-320. 2006.

ORNAGHI, M. G. et al. Compostos bioativos e ácidos orgânicos com liberação intestinal no desempenho de frangos de corte desafiados com *Clostridium perfringens*. **Pubvet**, v. 19, n. 01, p. e1707, 2024.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 71, p. n71, 2021.

PANDA, A. K. et al. Organic acids in poultry nutrition: physiological role and productive outcomes. **Livestock Science**, v. 243, p. 104344, 2021.

PARK, S. Y. et al. Effects of storage and strain on egg quality. **Poultry Science**, v. 88, p. 341–347, 2009.

PELICIA, V. C. et al. Performance and egg quality of laying hens fed diets with different nutritional levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. 1–10, 2020.

POLYCARPO, G. V. et al. Organic acids in layer diets: a systematic review. **Poultry Research Journal**, v. 31, p. 88–102, 2024.

POURABEDIN, M.; ZHAO, X. Prebiotics and gut morphology in poultry. **Poultry Science**, v. 94, p. 240–247, 2015.

RAHMAN, M.; HOWLIDER, M.; MAHIUDDIN, M.; RAHMAN, M. Effect of supplementation of organic acids on laying performance, body fatness and egg quality of hens. **Bangladesh Journal of Animal Science**, v. 37, n. 2, p. 74-81, 2012.

RAMOS, L. S., OLIVEIRA, D. H., & FREITAS, E. R. Nutritional strategies to improve performance and egg quality of laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020.

REZENDE, M. J. M. et al. Produção de ovos por galinhas poedeiras comerciais. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 7, n. 1, p. 25-32, 2004.

SADARAO, B. et al. Evaluation of a Commercially Available Organic Acid Blend and Sanitizer Products on Broiler Breeder's Performance and Economics. **Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika**, 2025. Doi: 10.18805/BKAP832.

SALEM, F. The effect of organic acids in addition laying hens diets on egg production, egg quality, shell characteristics and some blood constituents during the last stage of production. **Animal Science Reporter**, v. 13, p.15-30, 2020.

SALEM, M.; ABD EL-DAYEM, R. Dietary organic acids and egg quality in layers. **Egyptian Journal of Poultry Science**, v. 45, n. 1, p. 22–34, 2025.

SANTOS, T. T. et al. Intestinal development of poultry under dietary interventions. **Animal Nutrition**, v. 8, p. 45–54, 2022.

SAMANTA, S. et al. Influence of dietary acidifiers on poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, p. 275–285, 2010.

SAKI, A. A. et al. Effect of diet and genotype on performance of laying hens. **Journal of Applied Animal Research**, v. 50, p. 12–21, 2022.

SILVA, A. F.; NASCIMENTO, V. P.; SILVA, I. C. Resistência bacteriana associada ao uso de antibióticos na avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 12, n. 3, p. 123-130, 2010.

SILVA, V. K. et al. Perspectivas do uso de aditivos alternativos na alimentação de aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 16, n. 6, p. 9931-9947, 2019.

SOARES, K. R.; XIMENES, L. F. Ovos. **Caderno Técnico Setorial do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**, n. 311, p. 1–19, 2023.

SOLTAN, M. A. Effect of dietary organic acid supplementation on egg production and quality of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 7, p. 613–621, 2008.

STAMILLA, G. et al. Organic acid supplementation and intestinal architecture. **Animals**, v. 10, p. 1–12, 2020.

ST-PIERRE, N. R. Adjusting production data for environmental effects. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 284–291, 2001.

ST-PIERRE, N. R. Advances in statistical adjustment for livestock data. **Animal Science Journal**, v. 78, p. 1–9, 2007.

SUBERU, S. et al. (2024). Benefits of Mushroom-Based Supplements on Growth Performance, Immunocompetence, and Meat Quality in Poultry. **Animals**, v. 14, 2024. Doi: 10.3390/ani14111517.

SUGIHARTO, S. et al. Organic acids and their role in poultry nutrition: a review. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 21, p. 1–10, 2022.

UPADHAYA, S. D.; RA, K.; KIM, I. H. Organic acid supplementation in poultry nutrition: a review. **Annals of Animal Science**, v. 19, n. 4, p. 939–960, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0035>.

WAGHMARE, S. et al. Layer performance under low microbial challenge with organic acids. **Journal of Poultry and Egg Production**, v. 12, p. 100–112, 2025.

WANG, J. et al. Sodium butyrate improves intestinal barrier function and immune response in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 97, n. 7, p. 2535-2544, 2018.

WANG, X. et al. Review of egg quality traits and influencing factors in laying hens. **Poultry Science**, v. 100, p. 101–117, 2021.

YESILBAG, D.; COLPAN, I. Effects of organic acid supplementations on performance and egg quality in laying hens. **Acta Veterinaria**, v. 75, n. 1, p. 27–32, 2006.

ZHANG, B. et al. Microbiota and intestinal morphology in laying hens. **Poultry Science**, v. 101, p. 1–12, 2022.