



SABRINA NASCIMENTO DE PAULA

**ASPERSÃO DE *Lactiplantibacillus plantarum* DURANTE A
INCUBAÇÃO DE OVOS E USO DE BUTIRATO DE SÓDIO
NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

LAVRAS – MG

2026

SABRINA NASCIMENTO DE PAULA

**ASPERSÃO DE *Lactiplantibacillus plantarum* DURANTE A INCUBAÇÃO DE OVOS E
USO DE BUTIRATO DE SÓDIO NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo

Coorientadora

Prof.^a Dr.^a. Renata Ribeiro Alvarenga

**LAVRAS – MG
2026**

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

De Paula, Sabrina Nascimento.

Aspersão de *Lactiplantibacillus plantarum* durante a incubação de ovos e uso de
butirato de sódio na dieta de frangos de corte / Sabrina Nascimento De Paula. - 2026.
57 p.

Orientador: Márcio Gilberto Zangeronimo

Coorientadora: Renata Ribeiro Alvarenga

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2026.
Bibliografia.

1. Aspersão. 2. Probiótico. 3. Ácidos orgânicos. I. Zangeronimo, Márcio Gilberto.
II. Alvarenga, Renata Ribeiro. III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

SABRINA NASCIMENTO DE PAULA

**ASPERSÃO DE *Lactiplantibacillus plantarum* DURANTE A INCUBAÇÃO DE OVOS
E USO DE BUTIRATO DE SÓDIO NA DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

**SPRAYING WITH *Lactiplantibacillus plantarum* DURING EGG INCUBATION AND
DIETARY SODIUM BUTYRATE SUPPLEMENTATION IN BROILER CHICKENS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de junho de 2026

Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo UFLA

Dr. Otoniel Felix de Souza UFLA

Dr. Alisson Helio Sampaio Clemente UFLA

Documento assinado digitalmente
 **MARCIO GILBERTO ZANGERONIMO**
Data: 29/09/2026 14:42:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador
Prof. Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo

Coorientadora
Prof.^a Dr.^a. Renata Ribeiro Alvarenga

**LAVRAS – MG
2026**

*A Deus e meus amados pais,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser meu amparo em todos os momentos, por guiar meus passos até aqui e por me conceder força e sabedoria para superar os desafios desta jornada.

Aos meus pais, Enarys e Acisia, minha eterna gratidão. Vocês são meu alicerce, meu porto seguro e meus maiores exemplos de amor e dedicação. Cada conquista alcançada ao longo da minha vida também carrega o nome de vocês, que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a seguir em frente.

Às minhas amigas de infância, Amanda, Taís e Isadora, agradeço por acompanharem minha trajetória ao longo dos anos. Mesmo distantes fisicamente, vocês sempre estiveram presentes com carinho, apoio e amizade sincera.

Aos meus colegas do NEPAVI, meu muito obrigada pela convivência, pelos aprendizados e por tornarem essa caminhada mais leve e agradável. Em especial, à Mariana Carvalho, que foi minha companheira e braço direito durante a condução do experimento. Agradeço também ao Vinícius, Beatriz, João, Otoniel, Márcia, Lucas e Daniela por toda ajuda, parceria e momentos compartilhados. Obrigada por me receberem tão bem e por todo o apoio em cada etapa deste trabalho. Nada disso teria sido possível sem vocês.

Ao professor Juliano e ao Leonardo, agradeço pelo suporte, pela disponibilidade e pela valiosa troca de conhecimentos ao longo desta trajetória.

À Fernanda, técnica do Laboratório de Histologia, minha sincera gratidão por toda a ajuda prestada durante as análises, pela atenção, paciência e pela amizade construída ao longo desse período.

Ao meu orientador, Professor Márcio Zangeronimo, e à minha coorientadora, Professora Renata Alvarenga, expresso minha profunda gratidão pela confiança, orientação, apoio, paciência e ensinamentos compartilhados durante o mestrado. Muito obrigada por contribuírem de forma tão significativa para minha formação profissional e pessoal.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), agradeço pela oportunidade de crescimento acadêmico, profissional e pessoal, bem como por toda a estrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização desta etapa da minha formação.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e fizeram parte desta trajetória. Meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito da aspersão de uma solução contendo *Lactiplantibacillus plantarum* em ovos durante a incubação, associada à suplementação de butirato de sódio na ração, sobre o desempenho, características de carcaça e histologia intestinal e da bursa de Fabricius de frangos de corte de 1 a 35 dias. Foram utilizados 576 ovos férteis de matrizes Ross 708 com 32 semanas, distribuídos em dois grupos: aspersão de solução fosfato estéril ou de *L. plantarum* (10^9 UFC/mL) diluído em solução fosfato. As soluções foram aspergidas individualmente nos ovos nos dias 1, 3, 7, 10, 14 e 18 de incubação. Após a eclosão, as aves receberam ração com ou sem butirato de sódio (1,0 kg/t de 0 a 8 dias e 0,5 kg/t nas demais fases até 35 dias). O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 , com seis repetições de 10 aves. A aspersão de *L. plantarum* aumentou o ganho de peso aos 21 ($P=0,01$) e 35 dias ($P=0,05$), enquanto o butirato reduziu o ganho de peso aos 21 dias ($P<0,01$), sem efeito aos 35 dias. Houve interação ($P<0,05$) entre aspersão e butirato para consumo de ração e conversão alimentar aos 21 e 35 dias. Nas aves provenientes de ovos aspergidos, o butirato aumentou o consumo ($P=0,01$) e piorou a conversão alimentar ($P=0,02$) aos 21 dias, sem efeitos aos 35 dias. Nas aves provenientes de ovos não aspergidos, reduziu o consumo aos 21 e 35 dias ($P=0,01$) e melhorou a conversão alimentar aos 35 dias ($P=0,05$). Nos machos, a aspersão aumentou o rendimento de carcaça ($P=0,05$) e reduziu os pesos relativos do fígado e da bursa ($P=0,05$), enquanto o butirato reduziu o rendimento de carcaça ($P=0,01$), reduziu o peso relativo do fígado e aumentou os rendimentos de peito, coxa e sobrecoxa ($P<0,01$). Nas fêmeas, o butirato reduziu o rendimento de carcaça e os pesos relativos do baço e fígado ($P<0,05$), além de aumentar os rendimentos de peito, coxa e sobrecoxa ($P<0,01$); a aspersão reduziu o percentual de vísceras ($P<0,01$). Houve interação para rendimento de coxa e peso relativo da bursa ($P<0,05$). O butirato reduziu a relação vilosidade:cripta do duodeno ($P<0,05$), sem efeitos no jejuno e íleo. A área folicular da bursa não foi alterada, mas houve interação para a área medular ($P<0,01$), com maior percentual nas aves aspergidas na presença de butirato. Conclui-se que a associação entre aspersão de *L. plantarum* e butirato de sódio não proporcionou vantagem produtiva consistente em relação ao uso isolado das estratégias. A aspersão favoreceu principalmente o desempenho, enquanto o butirato apresentou efeitos mais evidentes sobre o rendimento de cortes comerciais.

Palavras-chave: aves; aditivo; desempenho; solução probiótica.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of spraying a solution containing *Lactiplantibacillus plantarum* onto eggs during incubation, combined with dietary sodium butyrate supplementation, on performance, carcass traits, and intestinal and bursa of Fabricius histology in broiler chickens from 1 to 35 days of age. A total of 576 fertile Ross 708 eggs from 32-week-old breeders were assigned to two groups: spraying with sterile phosphate solution or *L. plantarum* (10^9 CFU/mL) diluted in sterile phosphate solution. Solutions were individually sprayed onto the eggs on days 1, 3, 7, 10, 14, and 18 of incubation. After hatch, birds received diets with or without sodium butyrate (1.0 kg/t from 0 to 8 days and 0.5 kg/t thereafter until 35 days). The experimental design was completely randomized in a 2×2 factorial arrangement, with six replicates of 10 birds. Spraying *L. plantarum* increased body weight gain at 21 ($P=0.01$) and 35 days ($P=0.05$), whereas butyrate reduced body weight gain at 21 days ($P<0.01$), with no effect at 35 days. An interaction ($P<0.05$) between spraying and butyrate was observed for feed intake and feed conversion ratio at 21 and 35 days. In birds from sprayed eggs, butyrate increased feed intake ($P=0.01$) and worsened feed conversion ratio ($P=0.02$) at 21 days, with no effects at 35 days. In birds from non-sprayed eggs, butyrate reduced feed intake at 21 and 35 days ($P=0.01$) and improved feed conversion ratio at 35 days ($P=0.05$). In males, spraying increased carcass yield ($P=0.05$) and reduced relative liver and bursa weights ($P=0.05$), whereas butyrate reduced carcass yield ($P=0.01$), reduced relative liver weight, and increased breast, thigh, and drumstick yields ($P<0.01$). In females, butyrate reduced carcass yield and relative spleen and liver weights ($P<0.05$), while increasing breast, thigh, and drumstick yields ($P<0.01$); spraying reduced the relative viscera weight ($P<0.01$). An interaction was observed for thigh yield and relative bursa weight ($P<0.05$). Butyrate reduced the duodenal villus-to-crypt ratio ($P<0.05$), with no effects on jejunal or ileal histomorphometry. Bursa follicular area was unaffected, but an interaction was observed for medullary area percentage ($P<0.01$), with a higher percentage in birds from sprayed eggs receiving butyrate. In conclusion, the combination of *L. plantarum* spraying and dietary sodium butyrate did not provide a consistent productive advantage over the individual strategies. Spraying primarily favored performance, whereas butyrate showed more evident effects on commercial cut yields.

Keywords: poultry; additive; performance; probiotic solution.

INDICADORES DE IMPACTO

O presente estudo contribui para o conhecimento científico sobre o uso da aspersão de *Lactiplantibacillus plantarum* em ovos férteis, associada ou não à suplementação de butirato de sódio na dieta de frangos de corte. Os resultados demonstraram que essas estratégias produziram respostas distintas sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e de cortes comerciais, os pesos relativos de órgãos e as características histomorfométricas do intestino e da bursa de Fabricius. No âmbito científico, amplia as informações disponíveis sobre intervenções realizadas durante a incubação e sua associação com estratégias nutricionais pós-eclosão. Os resultados também indicam que os efeitos dos aditivos dependem da combinação utilizada, da idade e do sexo das aves, contribuindo para o delineamento de novos estudos sobre o uso de probióticos e ácidos orgânicos na avicultura. Sob a perspectiva tecnológica e produtiva, os efeitos observados sobre o ganho de peso, o rendimento de carcaça e os cortes comerciais podem auxiliar na avaliação de protocolos de aplicação de probióticos durante a incubação e de suplementação de butirato de sódio na dieta. Entretanto, a associação entre as estratégias não apresentou vantagem produtiva consistente em relação ao uso isolado, e sua aplicação prática depende de validação em outros sistemas de produção, condições sanitárias e escalas comerciais. Sob a perspectiva econômica, os efeitos observados sobre o rendimento de cortes comerciais podem contribuir para a agregação de valor ao produto final, favorecendo o aproveitamento produtivo das aves e potencialmente refletindo em ganhos de competitividade para o setor avícola. Além disso, práticas que promovam melhor saúde intestinal podem contribuir para diminuir perdas relacionadas a desafios sanitários. Os impactos sociais da pesquisa estão relacionados à promoção de sistemas de produção mais sustentáveis e alinhados às demandas atuais por alimentos de origem animal produzidos com menor dependência de antimicrobianos. O estudo também contribui para a formação de profissionais qualificados e para a disseminação de conhecimento técnico-científico junto a estudantes, pesquisadores e agentes da cadeia produtiva avícola. Do ponto de vista ambiental, estratégias nutricionais que melhorem a utilização dos nutrientes pelas aves podem reduzir a excreção de resíduos e otimizar o uso dos recursos empregados na produção animal. A adoção de alternativas aos antibióticos melhoradores de desempenho também está associada a práticas mais sustentáveis e responsáveis na avicultura.

IMPACT INDICATORS

This study contributes to the scientific understanding of the use of *Lactiplantibacillus plantarum* spraying on fertile eggs, either alone or in combination with dietary sodium butyrate supplementation in broiler chickens. The results demonstrated that these strategies produced distinct effects on growth performance, carcass and commercial cut yields, relative organ weights, and the histomorphometric characteristics of the intestine and Bursa of Fabricius. From a scientific perspective, this study expands the current knowledge regarding interventions applied during incubation and their association with post-hatch nutritional strategies. The findings also indicate that the effects of these additives depend on the combination of treatments, as well as the age and sex of the birds, providing valuable information for the design of future studies investigating the use of probiotics and organic acids in poultry production. From a technological and production perspective, the observed effects on body weight gain, carcass yield, and commercial cut yields may support the evaluation of probiotic application protocols during incubation and dietary sodium butyrate supplementation. However, the combination of these strategies did not provide consistent productive advantages over their individual application, and its practical implementation requires further validation under different production systems, sanitary conditions, and commercial-scale operations. From an economic perspective, the improvements observed in the yield of commercial cuts may contribute to increasing the added value of the final product, enhancing production efficiency and potentially improving the competitiveness of the poultry industry. Furthermore, management practices that promote better intestinal health may help reduce production losses associated with sanitary challenges. The social impacts of this research are associated with the promotion of more sustainable poultry production systems that are aligned with current demands for animal-derived foods produced with reduced reliance on antimicrobial agents. The study also contributes to the training of qualified professionals and to the dissemination of scientific and technical knowledge among students, researchers, and stakeholders within the poultry production chain. From an environmental perspective, nutritional strategies that improve nutrient utilization by birds may reduce waste excretion and optimize the use of resources in animal production. In addition, the adoption of alternatives to antibiotic growth promoters is associated with more sustainable and responsible poultry production practices.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 AVICULTURA COMERCIAL E O USO DE PROBIÓTICOS	12
2.2 ASPERSÃO DE PROBIÓTICOS	13
2.3 <i>LACTIPLANTIBACILLUS PLANTARUM</i>	15
2.4 ÁCIDOS ORGÂNICOS	16
2.5 USO DO BUTIRATO DE SÓDIO NA AVICULTURA COMERCIAL	17
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1 INCUBAÇÃO DOS OVOS	30
2.2 MICROORGANISMO E CONDIÇÕES DE CULTIVO	31
2.3 DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA	32
2.4 ANÁLISES HISTOMORFOMÉTRICAS	33
2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	34
3. RESULTADOS	34
3.1 DESEMPENHO	34
3.2 CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA	35
3.3 HISTOMORFOMETRIA INTESTINAL E DA BURSA DE FABRICIUS	36
4. DISCUSSÃO	37
5. CONCLUSÃO	41
6. REFERÊNCIAS	41

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por alimentos de origem animal tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas de produção cada vez mais eficientes, capazes de atender às necessidades da população sem comprometer a sustentabilidade e a segurança alimentar. Nesse contexto, a avicultura de corte destaca-se por sua elevada capacidade produtiva, rapidez no ciclo de produção e importância econômica, assumindo papel fundamental no abastecimento de proteína animal para a população.

O avanço da produção avícola foi acompanhado pela adoção de diversas tecnologias voltadas à maximização do desempenho das aves e à melhoria da eficiência produtiva. Entretanto, as mudanças no cenário produtivo tais como as restrições ao uso de antibióticos melhoradores de desempenho intensificaram a busca por alternativas que contribuam para a manutenção da saúde intestinal e para a obtenção de resultados zootécnicos satisfatórios. Entre as estratégias mais estudadas encontram-se os probióticos e os ácidos orgânicos, aditivos nutricionais que têm demonstrado potencial para favorecer o equilíbrio do trato gastrointestinal e otimizar o aproveitamento dos nutrientes.

O período entre a fase final da incubação e os primeiros dias pós-eclosão é marcado por intenso desenvolvimento do trato gastrointestinal e do sistema imune das aves. Após a eclosão, ocorre o estabelecimento da microbiota intestinal, processo que irá influenciar diretamente a saúde e o desempenho produtivo dos animais. Nesse contexto, a utilização de probióticos durante a incubação tem despertado interesse como estratégia de intervenção precoce, por possibilitar a exposição dos ovos a microrganismos benéficos antes da eclosão. Estratégias nutricionais adotadas após a eclosão também exercem papel importante na manutenção da saúde intestinal e no desempenho produtivo. Entre elas, destaca-se a utilização do butirato de sódio, aditivo amplamente utilizado na alimentação animal devido à sua atuação sobre a integridade da mucosa intestinal e sobre processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento das aves.

Embora os benefícios dos probióticos e do butirato de sódio tenham sido demonstrados em diferentes fases de criação, ainda são limitadas as informações sobre os possíveis efeitos da utilização combinada dessas estratégias, especialmente quando a modulação microbiana é iniciada durante a incubação e complementada por estratégias nutricionais após a eclosão. Dessa forma, torna-se relevante investigar o potencial dessa associação como ferramenta para

promover melhorias no desempenho produtivo e no desenvolvimento fisiológico de frangos de corte. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da aspersão de uma solução probiótica à base de bactéria ácido-lática em ovos férteis durante a incubação, associada à suplementação de butirato de sódio na dieta pós-eclosão, sobre parâmetros produtivos, características de carcaça e aspectos morfológicos do trato gastrointestinal e da Bursa de Fabricius de frangos de corte.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Avicultura comercial e o uso de probióticos

O expressivo avanço da avicultura de corte nas últimas décadas decorre, em grande parte, do aprimoramento genético, nutricional, sanitário, bem como do manejo. A integração dessas estratégias permitiu o desenvolvimento de aves com elevada eficiência produtiva, rápido crescimento e melhor conversão alimentar, características que sustentam a competitividade do setor avícola mundial (Siegel, 2014). Assim, com a redução da idade ao abate ampliou-se a importância biológica da fase embrionária, considerando que, atualmente, o peso de abate é alcançado por volta dos 42 dias, os 21 dias de incubação passam a representar aproximadamente 33,33% do tempo total de vida do animal (Retes et al., 2018). Nesse contexto, tecnologias voltadas à modulação do desenvolvimento embrionário tornam-se essenciais para garantir suporte às aves desde o período de incubação, possibilitando a plena expressão do seu potencial genético (Zhang et al., 2019).

Nas últimas décadas, a indústria avícola vem enfrentando mudanças substanciais em virtude da crescente preocupação com a resistência antimicrobiana e com os resíduos provenientes de fármacos nos alimentos. O surgimento de microrganismos resistentes tende a aumentar proporcionalmente ao uso intensivo de antibióticos (Palma; Tilocca; Roncada, 2020). Diante desse cenário, alternativas vêm sendo estudadas como substitutas aos antimicrobianos convencionais. Nesse grupo incluem-se os probióticos, que estimulam seletivamente o crescimento da microbiota intestinal desejável (Bajagai et al., 2016). Além disso, são capazes de exercer efeitos benéficos sobre o hospedeiro, incluindo modulação imunológica e influência positiva sobre a integridade da mucosa intestinal (Abd El-Hack et al., 2020; Sirisopapong et al., 2023).

A modulação da microbiota intestinal pelos probióticos ocorre via colonização do intestino decorrente da competição com os patógenos por nutrientes e sítios de adesão, além de produzir compostos antimicrobianos e consequentemente reduzir a colonização de microorganismos patogênicos. Bactérias produtoras de ácido lático, por exemplo, podem

reduzir o pH intestinal e criar um ambiente inóspito para patógenos como *Clostridium perfringens* (Mârza et al., 2025). Os probióticos têm a capacidade de interagir com o tecido linfóide associado ao intestino para estimular a produção de imunoglobulinas e citocinas, além de interagir com receptores Toll-like (TLR), particularmente TLR2 e TLR4, presentes em células epiteliais e imunes. Essas interações têm a capacidade de aumentar a imunidade da mucosa intestinal, fornecendo uma primeira barreira imunológica contra infecções intestinais (Mârza et al., 2025).

Estudos demonstram que determinados probióticos podem aumentar a expressão de proteínas associadas às *tight junctions*, como a ocludina, fortalecendo a barreira epitelial (Ahn et al., 2022; Anderson et al., 2010; Krysiak; Konkol; Korczyński, 2021).

Entre as principais fontes de probióticos destacam-se as bactérias ácido-láticas, amplamente estudadas na literatura em razão de sua capacidade de favorecer a microbiota intestinal, exercer funções imunomoduladoras, anti-inflamatórias e antimicrobianas (Chen; Ishfaq; Wang, 2022; Sirisopapong et al., 2023). Diferentes cepas dessas bactérias apresentam atividade antimicrobiana contra patógenos frequentemente encontrados no trato digestório das aves, como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens* e *Salmonella enteritidis* (Sirisopapong et al., 2023). Além disso, estudos demonstraram que espécies do gênero *Lactobacillus* podem promover melhorias no desempenho zootécnico, na qualidade da carne, na composição da microbiota intestinal e na saúde intestinal de frangos de corte (Chen; Ishfaq; Wang, 2022; Liu et al., 2023, 2026).

2.2 Aspersão de probióticos

Na avicultura moderna, o período de incubação ocupa um terço da vida útil do animal (Gao et al., 2024). A fase embrionária é um período crítico na produção, podendo ser comprometida por fatores que reduzem a eclodibilidade e a qualidade dos pintinhos. Esses fatores são cruciais para o crescimento adequado dos animais durante o ciclo produtivo e para evitar perdas econômicas significativas para a cadeia avícola (Van de Ven et al., 2012). Dessa forma, o adequado desenvolvimento embrionário e a obtenção de pintinhos de alta qualidade irão refletir diretamente sobre o desempenho pós-eclosão, favorecendo o crescimento muscular, a eficiência da utilização de nutrientes, o rendimento de carcaça e, conseqüentemente, a rentabilidade do sistema produtivo (Gao et al., 2024).

A aspersão é um método comumente empregado com intuito de desinfetar ovos para incubação, além de ser uma estratégia de administração de aditivos biológicos durante o período embrionário. Em comparação à inoculação *in ovo*, a pulverização apresenta caráter não

invasivo, reduzindo o risco de danos mecânicos ao embrião e permitindo aplicações repetidas ao longo da incubação (Muyyarikkandy et al., 2023). Por essa razão, a técnica tem despertado interesse como ferramenta para modulação precoce do ambiente microbiano associado ao desenvolvimento embrionário.

A utilização de probióticos durante o desenvolvimento embrionário tem como propósito colonizar precocemente o trato digestório e estimular o sistema imune das aves antes da eclosão com microrganismos benéficos (Abdel-Moneim et al., 2020). Essa prática pode contribuir para a maturidade e integridade intestinal, favorecendo a exclusão competitiva de patógenos e proporcionando maior resistência frente aos desafios microbiológicos do ambiente (Abd El-Hack et al., 2020). A administração via *spray* apresenta-se como uma alternativa viável e não invasiva para promover o desenvolvimento saudável das aves, embora requeira protocolos rigorosos de higiene e manuseio cuidadoso. Além disso, caracteriza-se como uma técnica de fácil execução e economicamente acessível, dispensando a necessidade de mão de obra altamente especializada, diferentemente do método de inoculação *in ovo* (Gao et al., 2024).

A casca do ovo serve como uma barreira física de proteção natural contra agentes externos. Entretanto, sua estrutura porosa permite a passagem de microrganismos e a troca gasosa necessária ao desenvolvimento embrionário (Maki et al., 2020). Em razão dessa característica, a penetração através dos poros da casca é considerada uma das principais vias de entrada de bactérias para o ambiente embrionário (Richards-Rios et al., 2020). Essa propriedade tem sido explorada para administração de microrganismos benéficos durante a incubação. Estudos recentes demonstram que a administração de probióticos por pulverização durante a incubação pode favorecer o desenvolvimento embrionário, aumentar a eclodibilidade e melhorar parâmetros produtivos durante o período pós-eclosão (Gao et al., 2024; Ren et al., 2025). Esses efeitos têm sido associados à modulação precoce da microbiota intestinal e ao estabelecimento de populações microbianas benéficas capazes de influenciar o desenvolvimento fisiológico das aves desde os estágios iniciais da vida (Gao et al., 2025). Adicionalmente, essa colonização precoce atua como um estímulo essencial para a maturação do sistema imune das aves e para o fortalecimento dos mecanismos de defesa do hospedeiro. Em conjunto, esses resultados indicam que a administração precoce de probióticos por pulverização representa uma estratégia viável para favorecer o estabelecimento de uma microbiota intestinal benéfica, com reflexos positivos sobre o desempenho produtivo e a saúde das aves.

2.3 *Lactiplantibacillus plantarum*

A *Lactiplantibacillus plantarum* é uma bactéria láctica gram-positiva amplamente distribuída em diferentes nichos ecológicos e reconhecida por sua elevada capacidade de adaptação ambiental (Echegaray et al., 2023). Essas características permitem sua sobrevivência em ambientes distintos, incluindo o TGI de aves e mamíferos, tornando-a uma das espécies probióticas mais estudadas para aplicação na produção animal.

A capacidade de tolerar ambientes ácidos é uma característica intrínseca de muitas cepas de *L. plantarum* (Fidanza; Panigrahi; Kollmann, 2021) permitindo sua sobrevivência durante a passagem pelo trato gastrointestinal, incluindo o proventrículo e a moela das aves. Dentre esses mecanismos, incluem-se alterações na composição de ácidos graxos da membrana plasmática, de modo que aumente a proporção de ácidos graxos saturados após a exposição a condições de baixo pH, fazendo com que sua membrana fique mais rígida e impedindo que os ácidos entrem na célula e alterem o seu pH interno (Huang et al., 2015). Ferreira et al. (2022) afirmaram que a população microbiana de *L. plantarum* permaneceu viável e constante após exposição a condições simuladas do TGI, comprovando a viabilidade do probiótico em condições ácidas. Essas adaptações favorecem a viabilidade da bactéria durante sua passagem pelo sistema digestório e aumentam seu potencial de colonização intestinal.

Paralelamente, a modulação da microbiota e o fortalecimento da barreira intestinal têm sido associados a melhorias morfológicas do TGI, incluindo aumento da altura das vilosidades e melhor relação vilo:cripta. Essas características ampliam a área absorptiva e contribuem para maior eficiência na utilização dos nutrientes (Awad et al., 2009). Além disso, a suplementação com *L. plantarum* para frangos de corte tem sido relacionada ao aumento da produção local de imunoglobulina A (IgA), importante componente da imunidade de mucosa, reforçando seu potencial imunomodulador (Peng et al., 2016).

Evidências sugerem que a exposição embrionária a esse probiótico pode influenciar a composição da microbiota intestinal desde os estágios iniciais do desenvolvimento, favorecendo o estabelecimento de populações benéficas e alterando a produção de metabólitos microbianos, incluindo ácidos graxos de cadeia curta (Guo et al., 2023). Alguns estudos comprovam que, durante o processo fermentativo, *L. plantarum* gera substâncias químicas antimicrobianas como ácidos láctico, cítrico, isobutírico e acético (Peng et al., 2016) capazes de reduzir o pH luminal e limitar o crescimento de microrganismos potencialmente patogênicos. Adicionalmente, a produção de bacteriocinas contribui para a exclusão competitiva de bactérias indesejáveis, favorecendo o estabelecimento de uma microbiota mais estável e equilibrada (Saeed et al., 2025). Esses mecanismos têm sido associados à redução da colonização por

enteropatógenos, incluindo espécies de *Salmonella*, *Escherichia coli* e outros microrganismos de relevância sanitária (Igbafe et al., 2020; Mohanty et al., 2019). Estudos indicam que o probiótico pode estimular a expressão de proteínas de junção estreita (*tight junctions*), reduzir a permeabilidade intestinal e aumentar a produção de mucinas, particularmente MUC2, fortalecendo a camada de muco que recobre o epitélio intestinal (Mercado-Monroy et al., 2026; Saeed et al., 2025). Como consequência, ocorre maior proteção contra a translocação de patógenos e substâncias potencialmente nocivas, favorecendo a manutenção da homeostase intestinal.

2.4 Ácidos orgânicos

Atualmente, os aditivos alimentares são considerados essenciais para um bom desempenho produtivo na avicultura moderna. A restrição progressiva dos antibióticos como melhoradores de desempenho na produção animal impulsionou a busca por aditivos alternativos capazes de melhorar o desempenho e a saúde intestinal sem o risco de desenvolvimento de resistência (Gadde et al., 2017). Dentre essas alternativas, foram propostos diversos aditivos, como os probióticos, prebióticos, enzimas e ácidos orgânicos. O uso de ácidos orgânicos nas dietas das aves vem aumentando, com o objetivo de modular o pH intestinal, favorecer a atividade enzimática digestiva e contribuir para a manutenção do equilíbrio microbiano intestinal (Ángel-Isaza; Mesa-Salgado; Narváez-Solarte, 2019). Os ácidos orgânicos, tais como butírico, propiônico, fórmico, cítrico e acético, têm se mostrado alternativas promissoras na avicultura principalmente por serem ferramentas alternativas de manejo nutricional dos antibióticos, contribuindo para melhorias no aproveitamento dos nutrientes, desempenho produtivo e eficiência alimentar (Khan et al., 2022).

Inicialmente, os ácidos orgânicos começaram a ser adicionados na alimentação com o propósito de sanitização para redução de contaminações por fungos, e como maneira de prevenir salmonelose na avicultura (Dittoe; Ricke; Kiess, 2018). Além de contribuírem para a integridade da mucosa intestinal e para a manutenção do equilíbrio microbiano, esses ácidos possuem mecanismos antimicrobianos capazes de reduzir o pH intestinal. Essa redução limita o crescimento de bactérias patogênicas que são menos tolerantes a ambientes ácidos (Zhao et al., 2022). Além disso, a redução do pH favorece a conversão de pepsinogênio em pepsina, aumentando a eficiência da digestão proteica e disponibilizando maior quantidade de peptídeos e aminoácidos para absorção ao longo do intestino delgado (Park et al., 2009). A suplementação de ácidos orgânicos pode promover efeitos benéficos sobre a fisiologia digestiva, incluindo

aumento da secreção pancreática, efeitos tróficos sobre a mucosa gastrointestinal e melhorias do sistema imune e do desempenho produtivo das aves (Dibner; Buttin, 2002).

A eficácia antimicrobiana dos ácidos orgânicos se deve às suas propriedades físico-químicas, destacando-se o valor de pKa, o peso molecular e a forma química (associado ou dissociado) (Aljumaah et al., 2020). A maioria desses compostos apresenta pKa entre 3 e 5 (Hagberg; Düker; Karlsson, 2002), o que significa que, em ambientes com pH inferior a essa faixa, os ácidos permanecem na sua forma não dissociada. Na forma não dissociada, os ácidos orgânicos são eletricamente neutros e lipossolúveis, o que favorece sua passagem pela membrana bacteriana. Ao atingirem o citoplasma, onde o pH é mais elevado, dissociam-se, promovendo acidificação intracelular e inibição do crescimento bacteriano (Dittoe; Ricke; Kiess, 2018).

A eficiência de determinados ácidos orgânicos pode ser limitada caso os mesmos não sejam protegidos, devido à rapidez com que são absorvidos e metabolizados ao entrar no duodeno, inibindo a modulação da microbiota intestinal (Hossain et al., 2018). A tecnologia de microencapsulamento foi desenvolvida com o objetivo de aumentar o tempo de retenção de nutrientes e princípios ativos em alimentos, reduzindo a velocidade de liberação desses compostos no intestino para chegar até a parte distal do mesmo em quantidades que sejam efetivas (Nguyen; Kim, 2020).

O ácido butírico é um ácido graxo de cadeia curta (AGCC), composto por quatro carbonos, sendo, junto ao acético e ao propiônico, um dos principais AGCC produzidos no TGI a partir da fermentação microbiana de carboidratos não digeríveis no intestino (Corrêa-Oliveira et al., 2016). O ácido apresenta pKa de 4,8 (Peterson; Daugulis, 2014) e em sua forma livre, trata-se de um líquido oleoso, solúvel em água e com odor característico desagradável. Essas características específicas dificultam seu uso direto em formulações comerciais (Pituch; Walkowiak; Banaszkiewicz, 2013) e por esse motivo, na nutrição animal utiliza-se preferencialmente sua forma salina, o butirato de sódio, ou formas microencapsuladas, que permitem maior estabilidade e liberação gradual ao longo do TGI.

2.5 Uso do butirato de sódio na avicultura comercial

O elevado potencial de crescimento das linhagens modernas de aves exige elevada eficiência digestiva e absorativa (Rostagno, 2020), tornando a manutenção da integridade intestinal um dos principais fatores que influenciam o desempenho produtivo das aves. Nesse contexto, os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acetato, propionato e

butirato, desempenham papel fundamental na homeostase intestinal. Esses metabólitos são produzidos principalmente pela fermentação microbiana anaeróbica de substratos não digeridos no TGI inferior e atuam como importantes fontes energéticas para as células intestinais (Lum; Sygall; Felip, 2018). Dentre os AGCC, o butirato tem recebido destaque na nutrição animal devido à sua ampla atuação sobre a fisiologia intestinal, microbiota e sistema imunológico (Pearce et al., 2025).

O butirato é uma importante fonte energética para os enterócitos, células caracterizadas por elevada atividade metabólica em decorrência da intensa renovação tecidual e da contínua absorção de nutrientes. O fornecimento energético promovido por esse ácido graxo favorece a proliferação, diferenciação e renovação celular, contribuindo para o desenvolvimento da mucosa intestinal e para a manutenção da sua integridade estrutural e funcional (Bortoluzzi et al., 2017). Além de sua função metabólica, o butirato atua como molécula sinalizadora capaz de regular a expressão gênica associada à função de barreira intestinal (Wang et al., 2012). Estudos demonstram que esse composto aumenta a expressão de proteínas de junção oclusiva, como claudinas, ocludina e ZO-1, reduzindo a permeabilidade intestinal e favorecendo a integridade epitelial. Adicionalmente, estimula a síntese de mucinas, como MUC2, promovendo espessamento da camada de muco e ampliando a proteção da mucosa contra agentes patogênicos e fatores inflamatórios, além de ser um inibidor natural de HDACs, favorecendo a expressão de genes associados à diferenciação de células T reguladoras, responsáveis pelo controle de respostas inflamatórias exageradas (Zang et al., 2026).

Os benefícios imunológicos também são observados em órgãos linfoides das aves. Estudos indicam que a suplementação com butirato de sódio pode exercer efeitos positivos sobre o desenvolvimento de órgãos linfoides, como timo e bursa de Fabricius, estruturas fundamentais para a maturação de linfócitos T e B (Lan et al. 2020b). Seu desenvolvimento é frequentemente associado a maior capacidade de resposta imunológica das aves. Nesse sentido, o fortalecimento da resposta imune, aliado à manutenção da integridade intestinal, pode refletir diretamente em melhorias na eficiência alimentar e no desempenho produtivo dos animais (Gadde et al., 2017; Sikandar et al., 2017).

A fase inicial de criação representa um período crítico para o estabelecimento da saúde intestinal, uma vez que o TGI dos pintinhos ainda se encontra em processo de desenvolvimento estrutural e funcional (Zhao et al., 2022). Nesse estágio, a suplementação com butirato de sódio pode favorecer a maturação intestinal, estimular a renovação do epitélio e auxiliar o desenvolvimento do sistema imune, promovendo condições mais adequadas para o crescimento subsequente das aves (Xiao et al., 2024). O butirato de sódio é facilmente convertido em ácido

butírico no trato digestivo, o que facilita a melhoria da saúde intestinal, redução da resposta inflamatória e proteção da função de barreira intestinal (Zhao et al., 2022). O ácido é capaz de regular a produção de citocinas inflamatórias, modular células imunes intestinais, e apresentar efeito anti-inflamatório mediado por vias de sinalização (Elce et al., 2017). Consequentemente, o butirato pode auxiliar no controle de patógenos entéricos, incluindo *Salmonella spp.* e *Clostridium perfringens*, além de favorecer populações bacterianas benéficas, como *Lactobacillus spp.* (Namkung et al., 2011). Esses efeitos contribuem para um ambiente intestinal mais estável e para melhorias na morfologia intestinal, frequentemente caracterizadas pelo aumento da altura de vilosidades e da área absorptiva (Sikandar et al., 2017).

Com o objetivo de controlar a liberação do princípio ativo ao longo do TGI, foram desenvolvidas tecnologias de proteção, incluindo revestimentos lipídicos e processos de microencapsulamento. Há certa variação nos resultados dos estudos que pode ser explicada devido às diferentes formas de suplementação, e ao não revestimento do ácido orgânico. Os benefícios do ácido podem variar de acordo com a forma química em que é fornecido e as doses utilizadas nas dietas (Chamba et al., 2014). Embora ocorra a fermentação natural no ceco e produção do butirato, a produção de AGCC no intestino delgado é bastante limitada. Estudos relatam que o butirato de sódio não revestido pode ser absorvido precocemente, antes de atingir as porções mais distais no intestino delgado (Kulcsár et al., 2017). Em contrapartida, a forma revestida apresenta liberação mais lenta, o que pode ser determinante para os efeitos observados do butirato (Bortoluzzi et al., 2017).

2.6 Considerações Finais

Ainda são escassas as pesquisas que investigam possíveis interações entre os aditivos, sejam elas antagônicas ou sinérgicas. Embora existam evidências demonstrando benefícios da associação entre probióticos e ácidos orgânicos fornecidos por via oral, ainda são escassas pesquisas que investiguem a utilização de probióticos durante a fase embrionária por meio da aspersão de ovos férteis associada à suplementação de ácidos orgânicos na dieta pós-eclosão. Compreender essas relações é fundamental para validar o uso de alternativas sustentáveis e eficazes aos antibióticos melhoradores de desempenho na avicultura.

REFERÊNCIAS

ABD EL-HACK, Mohamed *et al.* Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [s. l], v. 104, n. 6, p. 1835-1850, 2020. Disponível em: 10.1111/jpn.13454. Acesso em: 1 jun. 2026.

ABDEL-MONEIM, Abdel-Moneim Eid *et al.* Effect of in Ovo Inoculation of Bifidobacterium spp. on Growth Performance, Thyroid Activity, Ileum Histomorphometry, and Microbial Enumeration of Broilers. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, New York, v. 12, n. 3, p. 873-882, 2020. Disponível em: 10.1007/s12602-019-09613-x. Acesso em: 3 jun. 2026.

AHN, Sung-Il *et al.* The Effect of Probiotics on Intestinal Tight Junction Protein Expression in Animal Models: A Meta-Analysis. **Applied Sciences**, Basel, v. 12, n. 9, p. 4680, 2022. Disponível em: 10.3390/app12094680. Acesso em: 1 jun. 2026.

ALJUMAAH, Mashael *et al.* Organic acid blend supplementation increases butyrate and acetate production in Salmonella enterica serovar Typhimurium challenged broilers. **PLOS ONE**, San Francisco, v. 15, n. 6, p. e0232831, 2020. Disponível em: 10.1371/journal.pone.0232831 . Acesso em: 26 jul. 2026.

ANDERSON, Rachel *et al.* Lactobacillus plantarum MB452 enhances the function of the intestinal barrier by increasing the expression levels of genes involved in tight junction formation. **BMC Microbiology**, London, v. 10, n. 1, p. 316, 2010. Disponível em: 10.1186/1471-2180-10-316 . Acesso em: 25 jun. 2026.

ÁNGEL-ISAHA, Jaime; MESA-SALGADO, Natalia; NARVÁEZ-SOLARTE, William. Ácidos orgánicos, una alternativa en la nutrición avícola: una revisión. **CES Medicina Veterinaria y Zootecnia**, [s. l], v. 14, n. 2, p. 45–58, 2019. Disponível em: 10.21615/cesmvz.14.2.4. Acesso em: 10 mai. 2026.

AWAD, Wageha *et al.* Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p. 49–56, 2009. Disponível em: 10.3382/ps.2008-00244 . Acesso em: 10 mai. 2026.

BAJAGAI, Yadav S. *et al.* **Probiotics in Animal Nutrition**: production, impact and regulation. Rome: FAO, 2016. (FAO Animal Production and Health Paper, 179). Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2fda2226-b000-4cee-8186-8cacab86316b/content>. Acesso em: 28 set. 2025.

BORTOLUZZI, Cristiano *et al.* Sodium butyrate improved performance while modulating the cecal microbiota and regulating the expression of intestinal immune-related genes of broiler chickens. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 96, n. 11, p. 3981-3993, 2017. Disponível em: 10.3382/ps/pep218. Acesso em: 17 out. 2025.

CHAMBA, Fanny *et al.* Effect of Partially Protected Sodium Butyrate on Performance, Digestive Organs, Intestinal Villi and E.coli Development in Broilers Chickens.

International Journal of Poultry Science, [s. l], v. 13, n. 7, p. 390-396, 2014. Disponível em: 10.3923/ijps.2014.390.396 . Acesso em: 18 mai. 2026.

CHEN, Xueping; ISHFAQ, Muhammad; WANG, Jian. Effects of *Lactobacillus salivarius* supplementation on the growth performance, liver function, meat quality, immune responses and *Salmonella Pullorum* infection resistance of broilers challenged with Aflatoxin B1. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 101, n. 3, p. 101651, 2022. Disponível em: 10.1016/j.psj.2021.101651 . Acesso em: 19 set. 2025.

CORRÊA-OLIVEIRA, Renan *et al.* Regulation of immune cell function by short-chain fatty acids. **Clinical & Translational Immunology**, [s. l], v. 5, n. 4, 2016. Disponível em: 10.1038/cti.2016.17 . Acesso em: 19 set. 2025.

DIBNER, Julia; BUTTIN, Pierre. Use of Organic Acids as a Model to Study the Impact of Gut Microflora on Nutrition and Metabolism. **Journal of Applied Poultry Research**, Amsterdam, v. 11, n. 4, p. 453-463, 2002. Disponível em: 10.1093/japr/11.4.453. Acesso em: 19 set. 2025.

DITTOE, Dana; RICKE, Steven; KIESS, Aaron. Organic Acids and Potential for Modifying the Avian Gastrointestinal Tract and Reducing Pathogens and Disease. **Frontiers in Veterinary Science**, Lausanne, v. 5, p.216, 2018. Disponível em: 10.3389/fvets.2018.00216. Acesso em: 20 set. 2025.

ECHEGARAY, Noemí *et al.* A novel approach to *Lactiplantibacillus plantarum*: From probiotic properties to the omics insights. **Microbiological Research**, Munich, v. 268, p. 127289, 2023. Disponível em: 10.1016/j.micres.2022.127289. Acesso em: 20 set. 2025.

ELCE, Ausilia *et al.* Butyrate modulating effects on pro-inflammatory pathways in human intestinal epithelial cells. **Beneficial Microbes**, Leiden, v. 8, n. 5, p. 841-848, 2017. Disponível em: 10.3920/BM2016.0197 . Acesso em: 20 set. 2025.

FERREIRA, Iara *et al.* Evaluation of potentially probiotic yeasts and *Lactiplantibacillus plantarum* in co-culture for the elaboration of a functional plant-based fermented beverage. **Food Research International**, Amsterdam, v. 160, p. 111697, 2022. Disponível em: 10.1016/j.foodres.2022.111697. Acesso em: 10 mai. 2026.

FIDANZA, Mario; PANIGRAHI, Pinaki; KOLLMANN, Tobias R. *Lactiplantibacillus plantarum*-Nomad and Ideal Probiotic. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 12, p. 712236, 2021. Disponível em: 10.3389/fmicb.2021.712236 . Acesso em: 10 mai. 2026.

GADDE, Ujvala *et al.* Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. **Animal Health Research Reviews**, Cambridge, v. 18, n. 1, p. 26-45, 2017. Disponível em: 10.1017/S1466252316000207 . Acesso em: 5 mar. 2026.

GAO, Mairui *et al.* In ovo probiotic supplementation supports hatchability and improves hatchling quality in broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 103, n. 6, p. 103624, 2024. Disponível em: 10.1016/j.psj.2024.103624. Acesso em: 5 mar. 2026.

GAO, Mairui *et al.* Probiotic application to hatching egg surface supports microbiota development and acquisition in broiler embryos and hatchlings. **Poultry Science**, Amsterdam,

v. 104, n. 9, p. 105391, 2025. Disponível em: [10.1016/j.psj.2025.105391](https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105391). Acesso em: 5 mar. 2026.

GUO, Wei *et al.* Embryonic injection of *Lactobacillus plantarum* PA01 alters the microbial diversity in the gastrointestinal tract of the broilers before and after hatching. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 102, n. 7, p. 102764, 2023. Disponível em: [10.1016/j.psj.2023.102764](https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102764) . Acesso em: 10 mai. 2026.

HAGBERG, Jessika; DÜKER, Angela; KARLSSON, Stefan. Determination of dissociation constants of low molecular weight organic acids by capillary zone electrophoresis and indirect UV detection. **Chromatographia**, Heidelberg, v. 56, n. 9/10, p. 641-644, 2002. Disponível em: [10.1007/BF02497683](https://doi.org/10.1007/BF02497683). Acesso em: 10 mai. 2026.

HOSSAIN, Manik *et al.* Effects of a matrix-coated organic acids and medium-chain fatty acids blend on performance, and in vitro fecal noxious gas emissions in growing pigs fed in-feed antibiotic-free diets. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 98, n. 3, p. 433–442, 2018. Disponível em: [10.1139/cjas-2017-0053](https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0053) . Acesso em: 10 mai. 2026.

HUANG, Renhui *et al.* In vitro probiotic characteristics of *Lactobacillus plantarum* ZDY 2013 and its modulatory effect on gut microbiota of mice. **Journal of Dairy Science**, New York, v. 98, n. 9, p. 5850-5861, 2015. Disponível em: [10.3168/jds.2014-9153](https://doi.org/10.3168/jds.2014-9153) . Acesso em: 19 set. 2025.

IGBAFE, Joy *et al.* Probiotics and Antimicrobial Effect of *Lactiplantibacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Bifidobacterium longum* against Common Foodborne Pathogens in Poultry. **Agriculture**, Basel, v. 10, n. 9, p. 368, 2020. Disponível em: [10.3390/agriculture10090368](https://doi.org/10.3390/agriculture10090368). Acesso em: 20 set. 2025.

KHAN, Rifat Ullah *et al.* Prospects of organic acids as safe alternative to antibiotics in broiler chickens diet. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, v. 29, n. 22, p. 32594-32604, 2022. Disponível em: [10.1007/s11356-022-19241-8](https://doi.org/10.1007/s11356-022-19241-8) . Acesso em: 20 set. 2025.

KRYSIAK, Katarzyna; KONKOL, Damian; KORCZYŃSKI, Mariusz. Overview of the Use of Probiotics in Poultry Production. **Animals**, Basel, v. 11, n. 6, p. 1620, 2021. Disponível em: [10.3390/ani11061620](https://doi.org/10.3390/ani11061620) . Acesso em: 25 set. 2025.

KULCSÁR, Anna *et al.* Nutritional modulation of intestinal drug-metabolizing cytochrome P450 by butyrate of different origin in chicken. **Research in Veterinary Science**, London, v. 113, p. 25-32, 2017. Disponível em: [10.1016/j.rvsc.2017.07.033](https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.07.033) . Acesso em: 25 out. 2025.

LAN, Ruixia *et al.* Sodium butyrate as an effective feed additive to improve performance, liver function, and meat quality in broilers under hot climatic conditions. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 99, n. 11, p. 5491-5500, 2020. Disponível em: [10.1016/j.psj.2020.06.042](https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.042). Acesso em: 10 mai. 2026.

LIU, Liming *et al.* Effects of *Lactiplantibacillus plantarum* LPJZ-658 Supplementation on the Production, Meat Quality, Intestinal Morphology, and Cecal Microbiota of Broilers Chickens. **Microorganisms**, Basel, v. 11, n. 6, p. 1549, 2023. Disponível em: [10.3390/microorganisms11061549](https://doi.org/10.3390/microorganisms11061549) . Acesso em: 19 set. 2025.

- LIU, Yuhao *et al.* Effects of a Compound Probiotic on Production Performance, Intestinal Health, Immune Function, and Gut Microbiota in Broiler Chickens. **Veterinary Sciences**, Basel, v. 13, n. 3, p. 227, 2026. Disponível em: 10.3390/vetsci13030227 . Acesso em: 10 jun. 2026.
- LUM, Jacob; SYGALL, Richard; FELIP, Jose. Comparison of Tributyrin and Coated Sodium Butyrate as Sources of Butyric Acid for Improvement of Growth Performance in Ross 308 Broilers. **International Journal of Poultry Science**, [s. l], v. 17, n. 6, p. 290-294, 2018. Disponível em: 10.3923/ijps.2018.290.294 . Acesso em: 27 fev. 2026.
- MAKI, Joel *et al.* Eggshell and environmental bacteria contribute to the intestinal microbiota of growing chickens. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, London, v. 11, n. 1, p. 60, 2020. Disponível em: 10.1186/s40104-020-00459-w . Acesso em: 14 jun. 2026.
- MÂRZA, Sorin Marian *et al.* The Role of Probiotics in Enhancing Animal Health: Mechanisms, Benefits, and Applications in Livestock and Companion Animals. **Animals**, Basel, v. 15, n. 20, p. 2986, 2025. Disponível em: 10.3390/ani15202986. Acesso em: 19 set. 2025.
- MERCADO-MONROY, José *et al.* Probiotics as modulators of intestinal barrier integrity and immune homeostasis: a comprehensive review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Hoboken, v. 106, n. 5, p. 2578-2590, 2026. Disponível em: 10.1002/jsfa.70168 . Acesso em: 21 set. 2025.
- MOHANTY, Debapriya *et al.* In vitro evaluation of adherence and anti-infective property of probiotic *Lactobacillus plantarum* DM 69 against *Salmonella enterica*. **Microbial Pathogenesis**, London, v. 126, p. 212-217, 2019. Disponível em: 10.1016/j.micpath.2018.11.014. Acesso em: 23 set. 2025
- MUYEARIKKANDY, Muhammed Shafeekh *et al.* In ovo probiotic supplementation promotes muscle growth and development in broiler embryos. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 102, n. 7, p. 102744, 2023. Disponível em: 10.1016/j.psj.2023.102744 . Acesso em: 14 jun. 2026.
- NAMKUNG, Hwan *et al.* Antimicrobial activity of butyrate glycerides toward *Salmonella* Typhimurium and *Clostridium perfringens*. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 90, n. 10, p. 2217-2222, 2011. Disponível em: 10.3382/ps.2011-01498 . Acesso em: 23 set. 2025.
- NGUYEN, Dinh Hai; KIM, In Ho. Protected Organic Acids Improved Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Decreased Gas Emission in Broilers. **Animals**, Basel, v. 10, n. 3, p. 416, 2020. Disponível em: 10.3390/ani10030416 . Acesso em: 14 jun. 2026.
- PALMA, Ernesto; TILOCCA, Bruno; RONCADA, Paola. Antimicrobial Resistance in Veterinary Medicine: An Overview. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 21, n. 6, p. 1914, 2020. Disponível em: 10.3390/ijms21061914 . Acesso em: 11 mai. 2026.
- PARK, Ki-Wook *et al.* Effect of dietary available phosphorus and organic acids on the performance and egg quality of laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 598–604, 2009. Disponível em: 10.3382/japr.2009-00043 . Acesso em: 14 jun. 2026.

PEARCE, Sarah *et al.* Dietary butyrate effects on broiler growth, intestinal morphology and integrity, cecal volatile fatty acid concentrations, and colonic bacteria in broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 104, n. 12, p. 105898, 2025. Disponível em: 10.1016/j.psj.2025.105898. Acesso em: 21 jun. 2026.

PENG, Qingmiao *et al.* Effects of dietary *Lactobacillus plantarum* B1 on growth performance, intestinal microbiota, and short chain fatty acid profiles in broiler chickens. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 95, n. 4, p. 893-900, 2016. Disponível em: 10.3382/ps/pev435 . Acesso em: 10 mai. 2026.

PETERSON, Eric; DAUGULIS, Andrew. Demonstration of in situ product recovery of butyric acid via CO₂ facilitated pH swings and medium development in two-phase partitioning bioreactors. **Biotechnology and Bioengineering**, Hoboken, v. 111, n. 3, p. 537-544, 2014. Disponível em: 10.1002/bit.25106 . Acesso em: 20 set. 2025.

PITUCH, Aleksandra; WALKOWIAK, Jarosław; BANASZKIEWICZ, Aleksandra. Butyric acid in functional constipation. **Gastroenterology Review**, Cambs, v. 8, p. 295-298, 2013. Disponível em: 10.5114/pg.2013.38731. Acesso em: 29 ago. 2025.

REN, Yuying *et al.* Sustained in-ovo and in-feed probiotic supplementation promotes embryo development and post-hatch performance in broilers. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 104, n. 9, p. 105395, 2025. Disponível em: 10.1016/j.psj.2025.105395 . Acesso em: 15 mar. 2026.

RETES, Pamela *et al.* *In ovo* feeding of carbohydrates for broilers—a systematic review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Hoboken, v. 102, n. 2, p. 361–369, 2018. Disponível em: 10.1111/jpn.12807. Acesso em: 20 mar. 2026.

RICHARDS-RIOS, Peter *et al.* Topical Application of Adult Cecal Contents to Eggs Transplants Spore-Forming Microbiota but Not Other Members of the Microbiota to Chicks. **Applied and Environmental Microbiology**, [s. l], v. 86, n. 5, p. 02387-19, 2020. Disponível em: 10.1128/AEM.02387-19 . Acesso em: 19 set. 2025.

ROSTAGNO, Marcos. Effects of heat stress on the gut health of poultry. **Journal of Animal Science**, Cary, v. 98, n. 4, 2020. Disponível em: 10.1093/jas/skaa090 . Acesso em: 17 ago. 2025.

SAEED, Muhammad *et al.* Feeding the future: A new potential nutritional impact of *Lactiplantibacillus plantarum* and its promising interventions in future for poultry industry. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 104, n. 6, p. 105130, 2025. Disponível em: 10.1016/j.psj.2025.105130 . Acesso em: 25 mai. 2026.

SIEGEL, Paul. Evolution of the Modern Broiler and Feed Efficiency. **Annual Review of Animal Biosciences**, Palo Alto, v. 2, n. 1, p. 375-385, 2014. Disponível em: 10.1146/annurev-animal-022513-114132 . Acesso em: 19 ago. 2025.

SIKANDAR, Arbab *et al.* Effect of sodium butyrate on performance, immune status, microarchitecture of small intestinal mucosa and lymphoid organs in broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 30, n. 5, p. 690-699, 2017. Disponível em: 10.5713/ajas.16.0824. Acesso em: 19 set. 2025.

SIRISOPAPONG, Merisa *et al.* Assessment of lactic acid bacteria isolated from the chicken digestive tract for potential use as poultry probiotics. **Animal Bioscience**, [s. l], v. 36, n. 8, p. 1209-1220, 2023. Disponível em: 10.5713/ab.22.0455 . Acesso em: 21 mar. 2026.

VAN DE VEN, Lotte *et al.* Significance of chick quality score in broiler production. **animal**, [s. l], v. 6, n. 10, p. 1677-1683, 2012. Disponível em: 10.1017/S1751731112000663 . Acesso em: 20 mar. 2026.

WANG, Hong-Bo *et al.* Butyrate Enhances Intestinal Epithelial Barrier Function via Up-Regulation of Tight Junction Protein Claudin-1 Transcription. **Digestive Diseases and Sciences**, [s. l], v. 57, n. 12, p. 3126-3135, 2012. Disponível em: 10.1007/s10620-012-2259-4. Acesso em: 17 out. 2025.

XIAO, Xiao *et al.* Beneficial effects of *Lactobacillus plantarum* on growth performance, immune status, antioxidant function and intestinal microbiota in broilers. **Poultry Science**, [s. l], v. 103, n. 12, p. 104280, 2024. Disponível em: 10.1016/j.psj.2024.104280 . Acesso em: 19 set. 2025.

ZANG, Jianwei *et al.* Advances in Dietary Modulation of the Intestinal Barrier: Mechanistic, Structural, and Functional Insights. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, [s. l], v. 25, n. 1, p.70383, 2026. Disponível em: 10.1111/1541-4337.70383 . Acesso em:10 jun. 2026.

ZHANG, Haijun *et al.* Effects of in ovo injection of L-ascorbic acid on growth performance, carcass composition, plasma antioxidant capacity, and meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, [s. l], v. 98, n. 9, p. 3617-3625, 2019. Disponível em: 10.3382/ps/pez173 . Acesso em: 21 out. 2025.

ZHAO, Huaibao *et al.* Chemically Protected Sodium Butyrate Improves Growth Performance and Early Development and Function of Small Intestine in Broilers as One Effective Substitute for Antibiotics. **Antibiotics**, Basel, v. 11, n. 2, p. 132, 2022. Disponível em: 10.3390/antibiotics11020132 . Acesso em: 10 mai. 2026.

CAPÍTULO 2

**ARTIGO: Aspersão de *Lactiplantibacillus plantarum* durante a incubação de ovos
e uso de butirato de sódio na dieta de frangos de corte**

Sabrina Nascimento de Paula¹; Marcio Gilberto Zangeronimo² et al.

¹Departamento De Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.
37202-203

² Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas
Gerais, Brasil. 37200-900

*Autor correspondente: zangeronimo@ufla.br

Artigo redigido conforme normas da revista Poultry Science
(Versão preliminar)

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da aplicação por aspersão de uma solução contendo o probiótico (*Lactiplantibacillus plantarum*) em ovos durante a incubação, associada à suplementação de butirato de sódio na ração, sobre o desempenho, características de carcaça e histologia intestinal e da bursa de Fabricius de frangos de corte de 1 a 35 dias. Um total de 576 ovos férteis de matrizes de 32 semanas de idade da linhagem Ross 708 foram distribuídos em dois grupos de 288 ovos: (1) aspersão de solução de fosfato estéril e; (2) com aspersão de *Lactiplantibacillus plantarum* (10^9 UFC/ml) diluído em solução fosfato estéril. As soluções foram manualmente aspergidas via spray individualmente em cada ovo nos dias 1, 3, 7, 10, 14 e 18 de incubação. Após a eclosão, as aves foram alojadas 10 aves/box, sendo 5 machos e 5 fêmeas em galpão de desempenho e receberam ração com ou sem butirato de sódio (1,0 kg/ton de 0 a 8 dias e 0,5 kg/ton nas demais fases, até os 35 dias de idade). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 (com ou sem aspersão; com ou sem butirato na ração), com seis repetições de 10 aves cada. Aos 35 dias de idade, duas aves (um macho e uma fêmea) foram abatidos para avaliação de carcaça e coleta de material para análises histológicas. A aspersão de aumentou o ganho de peso aos 21 ($P=0,01$) e aos 35 dias ($P=0,05$), enquanto o uso de butirato reduziu ($P<0,01$) o ganho de peso aos 21 dias, sem efeito ($P>0,05$) aos 35 dias. Houve interação ($P<0,05$) entre a aspersão e o butirato para o consumo de ração aos 21 e aos 35 dias, bem como para a conversão alimentar em ambas as idades. Nas aves provenientes de ovos aspergidos, o butirato aumentou ($P=0,01$) o consumo de ração e piorou ($P=0,02$) a conversão alimentar aos 21 dias, sem alterar ($P>0,05$) essas variáveis aos 35 dias. Nas aves provenientes de ovos não aspergidos, o butirato reduziu ($P=0,01$) o consumo de ração aos 21 e aos 35 dias e melhorou ($P=0,05$) a conversão alimentar apenas aos 35 dias. Nos machos, a aspersão aumentou ($P=0,05$) o rendimento de carcaça e reduziu ($P=0,05$) os pesos relativos do fígado e da bursa de Fabricius. O butirato reduziu ($P=0,01$) o rendimento de carcaça e o peso relativo do fígado, além de aumentar ($P<0,01$) os rendimentos de peito, coxa e sobrecoxa. Nas fêmeas, o butirato reduziu ($P<0,05$) o rendimento de carcaça e os pesos relativos do baço e do fígado, além de aumentar ($P<0,01$) os rendimentos de peito, coxa e sobrecoxa, enquanto que a aspersão reduziu ($P<0,01$) o percentual de vísceras. Houve interação ($P<0,05$) para o rendimento de coxa e para o peso relativo da bursa de Fabricius das fêmeas. O butirato aumentou ($P<0,01$) o rendimento de coxa tanto nas aves provenientes de ovos não aspergidos quanto nas provenientes de ovos aspergidos. Para a bursa, o butirato aumentou ($P<0,01$) o peso relativo do órgão apenas nas aves provenientes de ovos não

aspergidos, enquanto, na presença do butirato, a aspersão reduziu ($P<0,01$) esse peso relativo. A suplementação com butirato reduziu ($P<0,05$) a relação vilosidade:cripta do duodeno, sem alterar ($P>0,05$) as características histomorfométricas do jejuno e do íleo. A área folicular da bursa de Fabricius não foi alterada ($P>0,05$) pela aspersão ou pelo uso do butirato, mas houve interação ($P<0,01$) para a porcentagem da área medular. Na presença de butirato, as aves provenientes de ovos aspergidos apresentaram ($P<0,01$) maior porcentagem de área medular que aquelas provenientes de ovos não aspergidos. Conclui-se que a associação entre a aspersão de *Lactiplantibacillus plantarum* e a suplementação com butirato de sódio não apresentou vantagem produtiva consistente em relação ao uso isolado das estratégias. Isoladamente, a aspersão mostrou-se mais favorável ao desempenho, enquanto o butirato apresentou benefícios principalmente sobre o rendimento de cortes comerciais.

Palavras-chave: aves; aditivo; desempenho; solução probiótica.

1. Introdução

O crescimento populacional tem impulsionado o aumento da demanda mundial por proteína de origem animal, tornando necessária a adoção de estratégias que permitam a produção de alimentos sustentáveis e seguros (OECD/FAO, 2025). Nesse cenário, a carne de frango destaca-se pelo elevado valor nutricional, ampla aceitação e baixo custo de produção. O Brasil ocupa posição de destaque na avicultura mundial, figurando entre os maiores produtores e como principal exportador de carne de frango (FAO, 2025).

Com o objetivo de aumentar a eficiência produtiva, diversas estratégias vêm sendo adotadas para melhorar o desempenho zootécnico e a saúde intestinal das aves. Entre elas, destacam-se os probióticos, definidos como microrganismos vivos capazes de promover benefícios ao hospedeiro quando administrados em quantidades adequadas, atuando na modulação da microbiota intestinal, integridade da mucosa e resposta imune (Abd El-Hack *et al.*, 2020). Além de favorecerem o desempenho (Rehman *et al.*, 2020), os probióticos podem reduzir a excreção de compostos poluentes no ambiente (Abdel-Megeed, 2021), tendo sua utilização ampliada após as restrições ao uso de antimicrobianos melhoradores de desempenho (Faria *et al.*, 2009). Embora tradicionalmente fornecidos via ração, estudos recentes demonstram que a administração de probióticos durante a incubação pode favorecer a colonização intestinal precoce (Dame-Korevaar *et al.*, 2020), modular o sistema imune (Younas *et al.*, 2025) e aumentar a resistência contra patógenos entéricos (Emami *et al.*, 2020). Entretanto, poucos trabalhos avaliaram a aplicação desses microrganismos por aspersão em ovos embrionados (Hassan *et al.*, 2025; Gao *et al.*, 2025).

A microbiota presente na casca do ovo desempenha papel importante na colonização inicial do trato gastrointestinal. Contudo, a modernização dos sistemas de incubação e os procedimentos de desinfecção dos ovos em incubatórios comerciais reduziram significativamente a transmissão de microrganismos da galinha para os pintinhos (Maki *et al.*, 2020; Olsen *et al.*, 2017). Embora a sanitização contribua para o controle de patógenos (Al-Shemery *et al.*, 2018), ela também reduz o contato inicial com bactérias benéficas. Considerando que o sistema imune das aves recém-eclodidas ainda é imaturo e seu desenvolvimento ocorre paralelamente à colonização microbiana (Alkie *et al.*, 2019), estratégias que restabeleçam essa exposição precoce podem favorecer a saúde intestinal e imunológica.

Entre os probióticos mais estudados, bactérias do gênero *Lactobacillus* destacam-se pela capacidade de reduzir a colonização por patógenos, como *Salmonella*, devido à produção de

compostos antimicrobianos, além de contribuir para a integridade intestinal das aves (Guo *et al.*, 2023; Igbafe *et al.*, 2020; Chae *et al.*, 2021). Nesse contexto, a aplicação de bactérias ácido-láticas durante a incubação surge como uma alternativa para a modulação precoce da microbiota. Efeitos positivos sobre a eclodibilidade, qualidade dos pintinhos e crescimento pós-eclosão já foram observados com a aplicação de probióticos via spray (Gao *et al.*, 2024), embora os resultados sobre desempenho em longo prazo ainda sejam limitados e inconsistentes (Volf *et al.*, 2021).

Além das intervenções realizadas durante a incubação, estratégias nutricionais pós-eclosão também podem favorecer a saúde intestinal e o desempenho produtivo. Nesse sentido, o butirato de sódio tem recebido atenção devido à sua atuação como fonte energética para enterócitos, contribuindo para a integridade da mucosa intestinal, renovação epitelial e absorção de nutrientes (Bortoluzzi *et al.*, 2017; Sunkara *et al.*, 2011). Adicionalmente, apresenta propriedades imunomoduladoras e anti-inflamatórias, capazes de melhorar a saúde intestinal e a eficiência produtiva das aves (Melaku *et al.*, 2024).

Dessa forma, a associação entre a administração precoce de probióticos durante a incubação e a suplementação com butirato de sódio após a eclosão pode potencializar a modulação da microbiota intestinal, favorecer o desenvolvimento do trato gastrointestinal e melhorar o desempenho produtivo de frangos de corte. Entretanto, estudos avaliando a interação entre essas estratégias ainda são escassos. Assim, objetivou-se avaliar se a aspersão de soluções probióticas à base de bactérias ácido-láticas durante a incubação, associada à inclusão de butirato de sódio na dieta pós-eclosão, influencia os parâmetros de eclosão e o desempenho de frangos de corte.

2. Material e métodos

O estudo foi conduzido no Laboratório de Fisiologia e Farmacologia do Departamento de Medicina Veterinária e no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, Brasil. Todos os procedimentos experimentais envolvendo animais foram realizados de acordo com as normas aprovadas pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) sob o protocolo de nº 041/25.

2.1 Incubação dos ovos

Um total de 576 ovos férteis de matrizes da linhagem Ross 708, com 32 semanas de idade, foram adquiridos de um incubatório comercial. Após a chegada ao laboratório, os ovos foram pesados em balança de precisão, verificados quanto à presença de trincas ou sujidades e então submetidos ao pré-aquecimento a 29°C por 8 horas. Em seguida, foram distribuídos de forma randômica e homogênea em duas incubadoras comerciais (Luna 480, Chocmaster, Piraquara-PR, Brasil) com capacidade para 480 ovos cada e duas incubadoras do Modelo IP 100 (Premium ecológica, Belo Horizonte- MG, Brasil), com capacidade para 100 ovos. Do 1º ao 18º dia de incubação, as incubadoras foram programadas para operar a 37,5 °C e 55% de umidade relativa e o sistema de viragem ajustado para realizar rotações a cada 2 horas. Após esse período, os equipamentos foram ajustados para 36,7 °C e o sistema de viragem retirados. Durante todo o período de incubação, as incubadoras foram constantemente monitoradas com dois termo-higrômetros (Simpla TH02, Akso, São Leopoldo, Brasil) cada, posicionados em pontos distintos. As incubadoras permaneceram em sala climatizada a 20°C. Previamente ao alojamento dos ovos, as incubadoras foram desinfetadas com solução antisséptica com digliconato de clorexidina 0,1%. Em cada incubadora Luna 480, três bandejas com 72 ovos em cada foram alocadas e na incubadora IP 100 foi alocado uma bandeja única com 72 ovos, totalizando 4 bandejas.

No dia 1, 3, 7, 10, 14 e 18 de incubação, soluções foram aspergidas manualmente via borrifador na superfície de cada ovo. A solução contendo *L. plantarum* foi preparada em tampão fosfato salina (PBS 1%), na concentração de 10⁹ UFC/ml e fornecida pelo Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Para padronização do volume aplicado por ovo, realizou-se previamente uma calibração do borrifador. Uma borrifada simples foi direcionada ao interior de um tubo falcon graduado, constatando-se que cada acionamento correspondia a aproximadamente 1 ml de solução. Dessa forma, cada ovo recebeu uma borrifada, correspondente a 1 ml e a 10⁹ UFC de *L. plantarum* por ovo. Na primeira incubadora (Luna 480) foi aspergida solução estéril de PBS 1% (grupo controle). Na segunda (Luna 480), a mesma solução, porém, contendo *Lactiplantibacillus plantarum* na concentração de 10⁹ UFC/mL. No 7º e no 14º dia os ovos foram submetidos a ovoscopia para retirada dos ovos inférteis. O mesmo procedimento foi feito nas duas incubadoras de Modelo IP 100.

2.2 Microorganismo e condições de cultivo

A bactéria lática utilizada no presente estudo *Lactiplantibacillus plantarum* (anteriormente *Lactobacillus plantarum*) CCMA 0743, foi fornecida pela Coleção de Culturas de Microbiologia Agrícola (CCMA) da Universidade Federal de Lavras (Minas Gerais, Brasil).

A cepa foi reativada em ágar MRS [g/L:52,2 (Merck, Darmstadt, Alemanha)] e incubadas sob condições adequadas (Ferreira et al., 2022). A população total da bactéria foi determinada por plaqueamento em ágar MRS (suplementado com 4ml/L de nistatina). As placas foram incubadas a 37°C por 24h. Após o período de incubação, as Unidades Formadoras de Colônias (UFC) foram enumeradas e o dados foram expressos em log UFC/mL. A solução de *Lactiplantibacillus plantarum* CCMA 0743 foi acondicionada em tubos falcon estéreis e armazenadas sob refrigeração até o momento de sua utilização. Em cada dia de aspersão, os tubos foram retirados da refrigeração e mantidos em banho-maria a 30°C até que a suspensão atingisse essa temperatura. Em seguida, a suspensão foi homogeneizada, evitando agitação vigorosa, e imediatamente utilizada para a aspersão dos ovos férteis.

2.3 Desempenho e características de carcaça

Após a eclosão, os animais provenientes de cada bandeja foram quantificados, sexados, pesados, vacinados contra a doença de Marek e posteriormente alojados em grupos de 10 aves (cinco machos e cinco fêmeas) em galpão de desempenho. As aves com maiores pesos e condições físicas de cada grupo experimental foram aleatoriamente alojadas em boxes de (2,0m × 1,5m) com piso de cimento forrado com maravalha. Água e ração foram *ad libitum*. Todos os procedimentos de manejo seguiram o manual de criação da linhagem (Aviagen, 2025). No dia do alojamento, a temperatura do ar, medida na altura das aves, foi mantida entre 30°C e 32°C. A temperatura foi reduzida gradualmente ao longo do período experimental, acompanhando o desenvolvimento e aumento do peso corporal das aves, atingindo a temperatura de 23°C ao final do período de criação, sendo controlada por meio de lâmpadas de aquecimento e pela abertura e fechamento das cortinas. A umidade relativa foi mantida entre 60 e 70%. O programa de iluminação adotado seguiu as diretrizes do mesmo manual. Do 1º ao 7º dia, os pintinhos receberam 23 horas de luz e 1 hora de escuro. A partir do 7º dia até o final do período de criação, se manteve um mínimo de 4 horas contínuas de escuro.

As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais de frangos de corte de desempenho médio de lote misto para cada fase de criação, conforme as recomendações de Rostagno et al. (2024), contendo ou não butirato de sódio microencapsulado na proporção de 1,0 kg/t na primeira semana e 0,5 kg/t nas semanas seguintes, conforme recomendado pelo fabricante (Tabela 1). Dessa forma, um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 × 2 (com ou sem aspersão durante a incubação; com ou sem butirato na ração) com seis repetições de 10 aves cada foi utilizado.

Aos 21 e aos 35 dias de idade as aves, a ração fornecida e as sobras foram pesadas para determinação do ganho de peso e do consumo de ração. A conversão alimentar foi calculada pela razão entre o consumo de ração e o ganho de peso. A mortalidade foi registrada diariamente para correção dos cálculos.

Aos 35 dias de idade, duas aves de cada box, sendo um macho e uma fêmea cujo peso corporal fosse o mais próximo da média do respectivo sexo dentro da unidade experimental foram separadas e submetidas a jejum de 8h. Em seguida, as aves foram insensibilizadas por insensibilizador elétrico na região cervical e sangradas através da jugular durante três minutos. Em seguida, as carcaças foram depenadas e evisceradas, com remoção da cabeça e dos pés e posteriormente pesadas. O rendimento de carcaça (peso da carcaça fria/peso vivo antes do abate) e os rendimentos de peito, coxa e sobrecoxa com pele em relação ao peso da carcaça fria foram determinados. As vísceras totais bem como o fígado, o baço e a bursa de Fabricius também foram pesados para determinação do peso relativo ao peso vivo. Amostras da porção média do duodeno, jejuno e íleo foram coletadas e fixadas em formalina tamponada a 10% para análises histomorfométricas.

2.4 Análises histomorfométricas

Os segmentos intestinais coletados e a bursa de Fabricius foram submetidos ao processamento histológico, incluindo a desidratação em série crescente de etanol (70%, 80%, 85%, 90%, 95% e 100%), seguida de clarificação em xilol (Xileno P.A/ACS, Neon Comercial Ltda., Brasil) com pureza mínima de 98,5% e inclusão em parafina. Os blocos foram então seccionados com um micrótomo rotativo Leica RM2125 RTS (Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha) para obtenção de secções com aproximadamente 5µm de espessura, que foram montados em lâminas de vidro e corados com hematoxilina e eosina conforme método descrito por Suvarna *et al.* (2019). Os cortes foram analisados em microscópio óptico CX41 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão) acoplado a câmera digital SC30 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão) com aumento de 40×.

Em cada segmento intestinal, a altura de vilosidades e profundidade de cripta foram mensurados, bem como calculada a relação vilosidade:cripta. Para isso, 15 vilosidades completas e orientadas verticalmente por seção foram avaliadas, considerando a distância entre extremidade superior até a junção com a cripta. Da mesma forma, a profundidade de cripta foi avaliada, considerando a distância desse ponto até a sua base. As mensurações realizadas em cada segmento intestinal foram utilizadas para calcular uma média individual por ave para a altura das vilosidades, a profundidade das criptas e a relação vilosidade:cripta.

Na Bursa de Fabricius a área folicular total e a porcentagem da área medular de foliculos foram determinados em cada corte. Da mesma forma, as mensurações dos foliculos da bursa de Fabricius foram utilizadas para calcular uma média individual por ave para a área folicular e a porcentagem da área medular.

Todas as imagens foram capturadas utilizando o software analySYS getIT (versão 5.1) e mensuradas com o auxílio do software ImageJ (Versão 1.54p).

2.5 Análises estatísticas

Inicialmente, os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foram avaliados pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando modelo contendo os efeitos principais de aspersão bacteriana, suplementação com butirato e a interação entre os fatores. As variáveis de desempenho avaliadas aos 21 e aos 35 dias foram analisadas separadamente para cada idade, sem inclusão do efeito de idade no modelo estatístico. Para as características de carcaça, pesos relativos de órgãos e variáveis histomorfométricas, os dados de machos e fêmeas foram analisados separadamente. Para cada sexo, foi avaliada uma ave proveniente de cada box, totalizando seis observações por grupo experimental. Nas análises histomorfométricas, foi utilizada a média individual calculada a partir das mensurações realizadas em cada ave.

A significância dos efeitos identificados na ANOVA foi avaliada por meio do teste F, adotando-se o nível de significância de 5%. Quando observada interação significativa ($P \leq 0,05$), os efeitos foram desdobrados por meio da comparação dos efeitos simples dos fatores. Na ausência de interação, os efeitos principais foram interpretados diretamente. Os resultados foram expressos como médias e erro padrão da média (SE). Todas as análises foram realizadas no software R (R Core Team, Viena, Áustria).

3. Resultados

As condições de incubação estão apresentadas na Tabela 2.

3.1 Desempenho

A eclodibilidade do experimento foi de $89,99 \pm 3,79\%$. Não houve interação ($P > 0,05$) para o ganho de peso entre a aspersão durante a incubação e a suplementação de butirato de sódio na dieta, tanto aos 21 quanto aos 35 dias de idade das aves (Tabela 3). Aos 21 dias, aves

provenientes de ovos aspergidos com probiótico apresentaram maior ganho de peso ($P = 0,01$) em comparação às aves do grupo controle. Em contrapartida, a suplementação com butirato de sódio reduziu ($P < 0,01$) o ganho de peso nessa idade. Aos 35 dias, aves oriundas de ovos aspergidos com probiótico mantiveram maior ganho de peso ($P < 0,05$), enquanto a suplementação com butirato não influenciou ($P > 0,05$) o ganho de peso nessa idade.

Houve interação ($P < 0,05$) entre aspersão e suplementação com butirato para o consumo de ração aos 21 e 35 dias de idade. Aos 21 dias, a suplementação com butirato aumentou ($P = 0,01$) o consumo de ração em aves provenientes de ovos aspergidos com probiótico (Tabela 4). Entretanto, em aves provenientes de ovos sem aspersão, o butirato reduziu ($P < 0,01$) o consumo. Adicionalmente, na presença de butirato, aves oriundas de ovos aspergidos com probiótico tiveram maior consumo de ração ($P < 0,01$) em comparação às aves provenientes de ovos sem aspersão, enquanto na ausência de butirato não houve diferença ($P > 0,05$) entre ovos aspergidos e não aspergidos.

Da mesma forma, houve interação ($P < 0,05$) para o consumo de ração aos 35 dias de idade. Em aves provenientes de ovos sem aspersão, o butirato reduziu ($P = 0,01$) o consumo aos 35 dias. Além disso, na presença de butirato, aves oriundas de ovos aspergidos com probiótico apresentaram ($P < 0,05$) maior consumo em relação às aves proveniente de ovos sem aspersão, enquanto na ausência de butirato não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre ovos aspergidos e não aspergidos.

Houve interação ($P = 0,05$) entre aspersão e suplementação com butirato também na conversão alimentar aos 21 e 35 dias de idade. Aos 21 dias, a suplementação com butirato aumentou ($P < 0,05$) a conversão alimentar em aves provenientes de ovos aspergidos com probiótico, enquanto não afetou ($P > 0,05$) a conversão em aves provenientes de ovos sem aspersão. Além disso, na presença de butirato, aves oriundas de ovos aspergidos com probiótico apresentaram ($P < 0,05$) maior conversão alimentar em comparação às aves proveniente de ovos sem aspersão. Aos 35 dias, o butirato não influenciou ($P > 0,05$) a conversão alimentar em aves provenientes de ovos aspergidos com probiótico, mas reduziu ($P = 0,05$) a conversão em aves do grupo controle. Adicionalmente, na ausência de butirato, aves oriundas de ovos aspergidos com probiótico apresentaram ($P < 0,05$) menor conversão alimentar em comparação às aves proveniente de ovos sem aspersão.

3.2 Características de carcaça

Em machos, não houve interação ($P > 0,05$) entre a aspersão bacteriana durante a incubação e a suplementação de butirato de sódio nas dietas para nenhuma das características

de carcaça avaliadas (Tabela 5). O peso vivo ao abate não foi influenciado ($P>0,05$) pela aspersão durante incubação ou suplementação de butirato nas dietas. Entretanto, aves provenientes de ovos aspergidos apresentaram ($P=0,05$) maior rendimento de carcaça e menor peso relativo do fígado e da bursa em comparação às aves provenientes de ovos não aspergidos. Não houve efeito ($P>0,05$) da aspersão sobre as demais características de carcaça avaliadas.

A inclusão de butirato nas rações reduziu ($P<0,01$) o rendimento de carcaça e o peso relativo do fígado e da bursa e aumentou ($P<0,01$) o rendimento de peito, coxa e sobrecoxa. Não foram observados efeitos ($P>0,05$) do butirato nas demais características de carcaça avaliadas.

Nas fêmeas, não houve interação ($P>0,05$) entre a aspersão bacteriana durante a incubação e a suplementação com butirato de sódio nas dietas para peso vivo, rendimento de carcaça, rendimento de peito e sobrecoxa e peso relativo total das vísceras, baço e fígado (Tabela 5). O peso vivo das aves não foi influenciado ($P>0,05$) pela aspersão ou pelo butirato nas dietas. A suplementação com butirato reduziu ($P<0,05$) o rendimento de carcaça, porém aumentou ($P<0,01$) os rendimentos de coxa e sobrecoxa. Além disso, aves que receberam dietas suplementadas apresentaram ($P<0,01$) menores percentuais de fígado e bursa em relação às aves não suplementadas. A aspersão bacteriana durante a incubação reduziu ($P<0,01$) o percentual de vísceras e o peso relativo da bursa, sem afetar ($P>0,05$) as demais variáveis avaliadas.

Interação ($P<0,05$) entre os fatores para o rendimento de coxa e peso relativo da bursa foi observado. Para o rendimento de coxa, a suplementação com butirato aumentou ($P<0,01$) o rendimento tanto em aves provenientes de ovos não aspergidos quanto em aves oriundas de ovos aspergidos com probiótico (Tabela 6). Entretanto, a aspersão não influenciou ($P>0,05$) essa variável tanto em aves que receberam dietas suplementadas quanto nas aves que receberam dietas não suplementadas.

Para o peso relativo da bursa, observou-se que a suplementação com butirato aumentou ($P<0,01$) o peso relativo desse órgão apenas em aves provenientes de ovos não aspergidos, enquanto não influenciou ($P>0,05$) aves oriundas de ovos aspergidos com probiótico. Adicionalmente, menor peso relativo da bursa foi observado ($P<0,01$) em aves provenientes de ovos aspergidos e que receberam suplementação com butirato. Por outro lado, esse efeito não foi observado nas aves que não receberam a suplementação.

3.3 Histomorfometria intestinal e da bursa de Fabricius

Não foram observados efeitos ($P>0,05$) da aspersão bacteriana durante a incubação, da suplementação com butirato de sódio ou da interação entre os fatores sobre a altura das vilosidades, profundidade das criptas e relação vilosidade:cripta do jejuno e do íleo (Tabela 7). Da mesma forma, no duodeno, não foram detectados efeitos ($P > 0,05$) da aspersão bacteriana nem da interação entre os fatores para nenhuma das variáveis avaliadas. Entretanto, a suplementação com butirato de sódio reduziu ($P<0,05$) a relação vilosidade:cripta do duodeno.

Na Bursa de Fabricius, a área dos folículos não foi afetada ($P>0,05$) pela aspersão bacteriana, pela suplementação com butirato ou pela interação entre os fatores (Tabela 7). Por outro lado, foi observada interação ($P<0,01$) entre aspersão bacteriana e suplementação com butirato para a porcentagem de medula dos folículos bursais.

O desdobramento da interação revelou que, na ausência de aspersão bacteriana, a suplementação com butirato não alterou ($P>0,05$) a porcentagem de medula dos folículos (Tabela 8). Entretanto, na presença de butirato, aves oriundas de ovos aspergidos apresentaram ($P<0,01$) maior porcentagem de medula em comparação às aves não aspergidas, enquanto, na ausência de butirato, não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre os grupos experimentais.

4. Discussão

A aspersão de *L. plantarum* durante a incubação proporcionou maior rendimento de carcaça, corroborando os achados de Idoui et al. (2016) que observaram aumento do peso da carcaça em aves suplementadas na dieta com a bactéria. De maneira semelhante, Agustono et al. (2022) e Atan Çirpıcı and Kırkpınar (2025) reportaram que a inclusão de probióticos na dieta elevou o peso ao abate e o rendimento de cortes nobres. Esses efeitos foram atribuídos à colonização precoce do TGI por bactérias benéficas, favorecendo a digestão, a utilização dos nutrientes e a deposição do tecido muscular. Por outro lado, Tavaniello et al. (2019) não observaram efeitos da administração *in ovo* de *L. plantarum* sobre o rendimento de carcaça, sugerindo que as respostas a esse aditivo podem ser dependentes da forma como esses compostos são administrados.

Com relação ao butirato, a redução do rendimento de carcaça observada nos animais suplementados com esse aditivo ocorreu sem alterações no ganho de peso das aves ou no rendimento de vísceras mais gordura abdominal. Esse resultado sugere que outros componentes corporais não incluídos na carcaça podem ter contribuído para a diferença observada. Entre eles, o desenvolvimento da plumagem merece consideração, uma vez que as penas representam importante depósito proteico e seu crescimento pode ser influenciado pela disponibilidade de nutrientes. Dessa forma, é possível que parte dos nutrientes absorvidos tenha sido direcionada

para tecidos não avaliados no presente estudo, reduzindo proporcionalmente o rendimento de carcaça. Paralelamente, o aumento dos rendimentos de peito, coxa e sobrecoxa indica uma alteração na distribuição dos componentes da carcaça, favorecendo a participação relativa dos cortes comerciais. No entanto, como o desenvolvimento da plumagem não foi avaliado, os mecanismos envolvidos permanecem especulativos e merecem investigação adicional.

Resultado semelhante para rendimento de cortes foi relatado por Ahmadipour et al. (2026), que atribuíram esse efeito à melhora na integridade da barreira intestinal e a otimização da absorção de aminoácidos necessários para a hipertrofia muscular. De acordo com Zang et al. (2026), o butirato atua como inibidor das histonas desacetilases (HDACs), o que pode estimular a expressão de genes ligados ao crescimento, potencializando o desenvolvimento das fibras musculares. Esse comportamento sugere efeito positivo do butirato na partição de nutrientes, direcionando a energia e proteína dietéticas para a deposição de tecido muscular ou plumagem. Os resultados diferem daqueles observados por Ogwuegbu et al. (2021) e Lan et al., (2020b), que verificaram aumento do rendimento de carcaça com inclusão de butirato. Por outro lado, a literatura apresenta também resultados divergentes, que não observaram efeitos do aditivo sobre o rendimento, reforçando que, possivelmente, as respostas dependem da dose, local de liberação do aditivo e do status sanitário do ambiente de criação (Huerta et al., 2024; Shahir et al., 2013).

As alterações observadas nos órgãos viscerais auxiliam na interpretação desses resultados. Tanto a aspersão com *L. plantarum* quanto a suplementação com butirato reduziram o peso relativo do fígado e, no caso do probiótico, o percentual de vísceras em fêmeas. Considerando que o fígado é o centro do metabolismo intermediário e seu tamanho está correlacionado à demanda de processamento de nutrientes e desintoxicação (Zaefarian et al., 2019), a redução do seu peso relativo sugere menor demanda metabólica e maior eficiência fisiológica. Resultados semelhantes foram observados por Makled et al. (2023) e Ahmadipour et al. (2026), que registraram menores pesos hepáticos em aves suplementadas. Sabe-se que o butirato favorece a beta-oxidação hepática e inibe a lipogênese (Ahmadipour et al., 2026), o que pode reduzir o acúmulo de lipídios no órgão e, consequentemente, seu peso relativo. Sikandar et al. (2017) e Agustono et al. (2022) relataram resultados divergentes, associando aumento do peso hepático a uma maior atividade metabólica.

Essa interpretação também ajuda a compreender os resultados encontrados nas variáveis de desempenho. Apesar dos efeitos positivos sobre o rendimento de cortes, as respostas sobre o desempenho zootécnico foram mais discretas. A aspersão do probiótico promoveu maior ganho de peso aos 35 dias de idade, resultado semelhante aos relatados por Ren et al. (2025); Xiao et al. (2024) e Yang et al. (2024), que associaram os efeitos observados à modulação da

microbiota intestinal e à melhora da saúde intestinal. A bactéria utilizada possui o *status* de GRAS (Generally Recognized as Safe) o que a define como segura, e ainda apresenta características probióticas comprovadas (Ferreira et al., 2022; Fonseca et al., 2021; Freire et al., 2017). Os efeitos positivos de *L. plantarum* sobre o desempenho têm sido associados à sua capacidade de modular a microbiota intestinal e favorecer a colonização por microrganismos benéficos logo após a eclosão, reduzindo a multiplicação de bactérias patogênicas nesse período (Saeed et al., 2025).

A suplementação com butirato reduziu o ganho de peso dos machos aos 21 dias de idade, sem alterar o consumo de ração ou a conversão alimentar. Entretanto, esse efeito não persistiu até os 35 dias, quando não foram observadas diferenças no desempenho zootécnico. Esses resultados sugerem que o butirato pode ter promovido alterações fisiológicas transitórias durante a fase inicial de crescimento, possivelmente relacionadas à adaptação intestinal ou à redistribuição temporária de nutrientes para outros tecidos corporais. A ausência de diferenças no peso final sugere a ocorrência de crescimento compensatório ao longo do período experimental. Lan et al. (2020^a) e Huerta et al. (2024), também não observaram diferenças no ganho de peso aos 35 dias quando usaram doses de 1200 mg/kg ou 150 mg/kg e 300 mg/kg, respectivamente. A literatura demonstra que as respostas do butirato de sódio sobre o desempenho das aves podem variar em função da dose (Wu et al., 2018; Pearce et al., 2025), da idade dos animais (Pascual et al. 2020) e do *status* sanitário relacionadas às condições do ambiente (Zou et al., 2019).

A interação significativa observada no desempenho sugere que a resposta ao butirato foi dependente da condição microbiológica inicial das aves. Na ausência de aspersão bacteriana, o butirato reduziu o consumo de ração e melhorou a conversão alimentar ao final do ciclo produtivo, indicando maior eficiência de utilização dos nutrientes. Entretanto, esses efeitos não foram observados em aves provenientes de ovos aspergidos. Nessa condição, a associação entre aspersão e butirato aumentou o consumo de ração e piorou temporariamente a conversão alimentar aos 21 dias de idade, sem reflexos sobre o desempenho final. Esses resultados sugerem que tanto a aspersão quanto o uso de butirato podem ter atuado sobre mecanismos fisiológicos semelhantes relacionados à modulação intestinal, de modo que a colonização precoce promovida pela aspersão pode ter reduzido ou mascarado os benefícios normalmente atribuídos ao butirato. Makled et al. (2023) observaram que a adição de ácidos orgânicos a dietas contendo probióticos elevou o consumo de ração, atribuindo esse resultado ao aumento de estímulos das secreções pancreáticas que favorecem a digestão e, consequentemente, o consumo, refletindo em posterior resposta de ganho de peso das aves. Fisiologicamente, essa

sinergia pode ser explicada devido ao fato de os ácidos orgânicos, como o butirato, reduzirem o pH intestinal (Dittoe et al., 2018). Essa acidificação cria um ambiente favorável à atividade de bactérias benéficas presentes no trato gastrointestinal, como os *Lactobacillus*, favorecendo a homeostase e a integridade da mucosa. Ebeid et al. (2021) reforçam que a combinação de probióticos e ácidos orgânicos pode agir de forma sinérgica na proteção contra patógenos e favorecer o desenvolvimento intestinal.

Com relação às características histológicas intestinais, nenhum efeito relevante foi observado no presente estudo. Resultados semelhantes foram relatados na literatura (Tsirtsikos et al., 2012; Naghizadeh et al., 2022; Ferrocino et al., 2023; Pearce et al., 2025). Esses resultados podem estar relacionados ao baixo desafio sanitário a que as aves foram submetidas durante a fase de criação. Além disso, a morfologia intestinal representa um parâmetro relativamente estável em aves saudáveis, sendo alterada principalmente em situações que comprometam a integridade da mucosa, como processos inflamatórios, infecções entéricas ou outros fatores capazes de provocar lesão epitelial e aumentar a renovação celular das criptas (Yegani and Korver, 2008). Sabe-se que aditivos moduladores como o butirato de sódio e o *L. plantarum* exercem efeitos mais pronunciados em condições de elevado desafio, onde atuam na reparação ou prevenção de danos teciduais (Wu et al., 2018; Zou et al., 2019). Embora Sikandar et al. (2017); Liu et al. (2023) e Hanim et al. (2023) tenham relatado melhorias na morfologia intestinal, tais discrepâncias podem também ser atribuídas a especificidades de cada cepa, à dose utilizada e ao local de liberação do aditivo no trato gastrointestinal.

A redução do peso relativo da bursa de Fabricius, bem como a redução com a associação entre bactéria e aditivo, pode refletir em menor necessidade de ativação do sistema imune, uma vez que o aumento do peso dos órgãos linfoides é frequentemente interpretado como resposta a estímulos imunológicos (Zhang et al., 2021; Atan Çırpıcı and Kirkpınar, 2025). A sinergia entre probióticos e ácidos orgânicos potencializa a integridade da mucosa e a resistência a patógenos (Ebeid et al., 2021; Makled et al., 2023). Enquanto o butirato possui propriedade antimicrobiana contra bactérias sensíveis ao pH elevado (Zhao et al., 2022), a bactéria atua por exclusão competitiva e produção de bacteriocinas (Atan Çırpıcı and Kirkpınar, 2025). A atuação conjunta pode reduzir o gasto energético associado às respostas imunes e direcionar nutrientes para deposição proteica e crescimento muscular das aves. A interação entre a aspersão e o butirato de sódio aumentou a porcentagem de medula dos folículos bursais. Considerando que essa região é responsável pela maturação e diferenciação dos linfócitos B (Soós et al., 2025), esse resultado sugere que a sinergia entre a modulação precoce e o ácido orgânico dietético pode ter sido capaz de estimular maior atividade funcional do órgão. Embora

trabalhos que avaliem compartimentos específicos da bursa sejam escassos na literatura sob esta interação, os resultados alinham-se à proposta de Makled et al. (2023), que observaram que a união de probióticos e ácidos orgânicos a atividade de órgãos linfoides, contribuindo de maneira positiva para o sistema imune das aves. Além disso, Sikandar et al. (2017) demonstraram que o butirato aumenta áreas funcionais de órgãos imunes, como a medula tímica e os centros germinativos do baço, reforçando que este aditivo atua no desenvolvimento dos tecidos imunocompetentes. Assim, a associação da bactéria com o aditivo pode ter preparado o sistema imune imaturo de forma mais eficiente, compensando o menor peso relativo do órgão observado anteriormente e garantindo uma resposta defensiva mais ativa. A idade das matrizes também deve ser considerada na interpretação dos resultados, uma vez que influencia o desenvolvimento do sistema imune da progênie. Santos et al. (2022), avaliando matrizes de 32, 42 e 52 semanas de idade, demonstraram que a idade materna modifica a deposição de IgY e a resposta imune dos pintinhos, evidenciando que esse fator pode interferir na competência imunológica inicial das aves. No presente estudo, os ovos foram obtidos de matrizes de 32 semanas de idade, período que corresponde ao pico de produção da linhagem, reduzindo a influência da idade avançada das reprodutoras sobre os resultados obtidos.

5. Conclusão

A associação entre a aspersão de *Lactiplantibacillus plantarum* durante a incubação e a suplementação com butirato de sódio na dieta não apresentou vantagem produtiva consistente em relação ao uso isolado das estratégias. Isoladamente, a aspersão mostrou-se mais favorável ao desempenho das aves, enquanto o butirato apresentou benefícios principalmente sobre o rendimento de cortes comerciais.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e CNPq (processo número 303851/2019-8).

6. Referências

- Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M., Shafi, M., A. Qattan, S., Batiha, G., Khafaga, A., Abdel-Moneim, A., and Alagawany, M. 2020. Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl). 104:1835–1850.
- Abdel-Megeed, R. 2021. Probiotics: a Promising Generation of Heavy Metal Detoxification. Biol. Trace Elem. Res. 199:2406–2413.

- Agustono, B., Lokapirnasari., Yunita, M., Kinanti, R. E. Cesa, and S. Windria. 2022. Efficacy of dietary supplementary probiotics as substitutes for antibiotic growth promoters during the starter period on growth performances, carcass traits, and immune organs of male layer chicken. *Vet. World*:324–330.
- Ahmadipour, B., Pat, S., Khajali, F., Hassanpour, H 2026. Effects of Sodium Butyrate Forms on Carcass Performance, Pulmonary Hypertension, Metabolic Health and Oxidative-Inflammatory Responses in Broiler Chickens Under Cold Stress at High Altitude. *Vet. Med. Sci.* 12.
- Alkie, T., Yitbarek, A., Hodgins, D., Kulkarni, R. Taha-Abdelaziz, K., Sharif, F. 2019. Development of innate immunity in chicken embryos and newly hatched chicks: a disease control perspective. *Avian Pathol.* 48:288–310.
- Al-Shemery, N. J., Kamaluddin, Z. 2018. Effect of using different concentrations of hydrogen peroxide and formalin compared to formaldehyde evaporation in sterilization of hatching eggs of broiler. *Agric. Sci.*:36–41
- Atan Çırpıcı, H., Kırkpınar . 2025. Effects of Supplementation with Encapsulated Different Postbiotics, Alone or with Inulin, on Growth Performance, Carcass and Organ Characteristics, Blood Parameters, Growth Hormone, and Insulin-like Growth Factor mRNA in Broilers. *Animals* 15:1010.
- Aviagen. 2025. Ross Broiler Management Handbook. Huntsville, Alabama.
- Bortoluzzi, C., Pedroso, A., Mallo, J., Puyalto, M., Kim, W., Applegate., T.J. 2017. Sodium butyrate improved performance while modulating the cecal microbiota and regulating the expression of intestinal immune-related genes of broiler chickens. *Poult. Sci.* 96:3981–3993.
- Chae, M., Kim, B., Na, J., Kim, S., Lee, J., Kim, Y., Lee, E., Cho, E., Roh, J., Kim. W2021. Antimicrobial activity of *Lactiplantibacillus plantarum* APSulloc 331261 and APSulloc 331266 against pathogenic skin microbiota. *Front. Biosci.-Elite* 13.
- Dame-Korevaar, A., Fischer, E., van der Goot, J., Velkers, F., Ceccarelli, D., Mevius, D., Stegeman., A. 2020. Early life supply of competitive exclusion products reduces colonization of extended spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* in broilers. *Poult. Sci.* 99:4052–4064.
- Dittoe, D. K., Ricke, S., Kiess, A. 2018. Organic Acids and Potential for Modifying the Avian Gastrointestinal Tract and Reducing Pathogens and Disease. *Front. Vet. Sci.* 5.
- Ebeid, T., Al-Homidan, I., Fathi, M., Al-Jamaan, R., Mostafa, M., Abou-Emera, O., El-Razik, M., Alkhalaf, A. 2021. Impact of probiotics and/or organic acids supplementation on growth performance, microbiota, antioxidative status, and immune response of broilers. *Ital. J. Anim. Sci.* 20:2263–2273.
- Emami, N. K., Calik, A., White, M., Kimminau, E., Dalloul, R. 2020. Effect of Probiotics and Multi-Component Feed Additives on Microbiota, Gut Barrier and Immune Responses in Broiler Chickens During Subclinical Necrotic Enteritis. *Front. Vet. Sci.* 7.
- FAO. 2025. FAOSTAT statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations Available at <https://www.fao.org/faostat/> (verified 2 August 2026).
- Faria, D. E., Henrique, A., Franzolin Neto, R., Medeiros, A., Junqueira, O., Faria Filho, D. 2009. Alternativas ao uso de antibióticos como promotores de crescimento para frangos de corte: 1. probióticos. *Ciê. Anim. Bras.* 10:18–28.

- Ferreira, I., de Sousa Melo, D., Menezes, A., Fonseca, H., de Assis, B., Ramos, C., Magnani, M., Dias, D., Schwan, R. 2022. Evaluation of potentially probiotic yeasts and *Lactiplantibacillus plantarum* in co-culture for the elaboration of a functional plant-based fermented beverage. *Food Res. Int.* 160:111697.
- Ferrocino, I., Biasato, I., Dabbou, S., Colombino, E., Rantsiou, K., Squara, S., Gariglio, M., Capucchio, M., Gasco, L., Cordero, C., Liberto, E., Schiavone, A., Cocolin, L. 2023. *Lactiplantibacillus plantarum*, *lactiplantibacillus pentosus* and inulin meal inclusion boost the metagenomic function of broiler chickens. *Anim. Microbiome* 5:36.
- Fonseca, H. C., de Sousa Melo, D., Ramos, C., Dias, D., Schwan, R. 2021. Probiotic Properties of *Lactobacilli* and Their Ability to Inhibit the Adhesion of Enteropathogenic Bacteria to Caco-2 and HT-29 Cells. *Probiotics Antimicrob. Proteins* 13:102–112.
- Freire, A. L., Ramos, C., Schwan, R. 2017. Effect of symbiotic interaction between a fructooligosaccharide and probiotic on the kinetic fermentation and chemical profile of maize blended rice beverages. *Food Res. Int.* 100:698–707.
- Gao, M., Ren, Y., Lu, S., Reddyvari, R., Amalaradjou, M. 2025. Probiotic application to hatching egg surface supports microbiota development and acquisition in broiler embryos and hatchlings. *Poult. Sci.* 104:105391.
- Gao, M., Ren, Y., Lu, S., Reddyvari, R., Venkitanarayanan, K., Amalaradjou, M. 2024. In ovo probiotic supplementation supports hatchability and improves hatchling quality in broilers. *Poult. Sci.* 103:103624.
- Guo, W., Zhou, J., Liu, Y., Bai, J., Zhu, Y., Yang, X., Yang, X. 2023. Embryonic injection of *Lactobacillus plantarum* PA01 alters the microbial diversity in the gastrointestinal tract of the broilers before and after hatching. *Poult. Sci.* 102:102764
- Hanim, C., Dono, N., Ariyadi, B., Habibi, M., Al Anas, M., Hanif, M. 2023. Effect of protected sodium butyrate on growth performance, carcass traits, relative weight of digestive organs and intestinal histomorphology of broilers. *J. Anim. Feed Sci.* 32:413–419.
- Hassan, M. I., Khalifah, A., El-Zaiat, H. 2025. In-ovo Feeding Technique as Pre-hatching Nutritional Strategy on Chicken Productive Performance: Applications, Advances and Future Perspectives. *Int. J. Vet. Sci.*
- Huerta, A., Xiccato, G., Bordinon, F., Birolo, M., Boskovic Cabrol, M., Pirrone, F., Trocino, A. 2024. Dietary fat content and supplementation with sodium butyrate: effects on growth performance, carcass traits, meat quality, and myopathies in broiler chickens. *Poult. Sci.* 103:104199.
- Igbafe, J., Kilonzo-Nthenge, A., Nahashon, S., Mafiz, A., Nzomo, M. 2020. Probiotics and Antimicrobial Effect of *Lactiplantibacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Bifidobacterium longum* against Common Foodborne Pathogens in Poultry. *Agriculture* 10:368.
- Lan, R., Li, S., Chang, Q., An, L., Zhao, Z. 2020a. Sodium butyrate enhances growth performance and intestinal development in broilers. *Czech J. Anim. Sci.* 65:1–12.
- Lan, R., Zhao, Z., Li, S., An, L. 2020b. Sodium butyrate as an effective feed additive to improve performance, liver function, and meat quality in broilers under hot climatic conditions. *Poult. Sci.* 99:5491–5500.

- Liu, L., Li, L., Li, C., Wang, H., Zhang, X., Ren, Q., Zhang, H., Jin, N., Li, C., Zhao, C. 2023. Effects of *Lactiplantibacillus plantarum* LPJZ-658 Supplementation on the Production, Meat Quality, Intestinal Morphology, and Cecal Microbiota of Broilers Chickens. *Microorganisms* 11:1549.
- Maki, J. J., Bobeck, E., Sylte, M., Looft, T. 2020. Eggshell and environmental bacteria contribute to the intestinal microbiota of growing chickens. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 11:60.
- Makled, M. N., Eldeeb, M., Abouelezz, K., Amen, O., Habib, M. 2023. Impacts of probiotics with or without organic acids as dietary supplements on growth performance, carcass quality, digestibility, intestinal development, and gut microbiota of broiler chicks. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 26.
- Melaku, M., Su, D., Zhao, H., Zhong, R., Ma, T., Yi, B., Chen, L., Zhang, H. 2024. The New Buffer Salt-Protected Sodium Butyrate Promotes Growth Performance by Improving Intestinal Histomorphology, Barrier Function, Antioxidative Capacity, and Microbiota Community of Broilers. *Biology (Basel).* 13:317.
- Naghizadeh, M., Klaver, L., Schönherz, A., Rani, S., Dalgaard, T., Engberg, R. 2022. Impact of Dietary Sodium Butyrate and Salinomycin on Performance and Intestinal Microbiota in a Broiler Gut Leakage Model. *Animals* 12:111.
- OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034. 2025. OECD Publishing.
- Ogwuegbu, M. C., Oyeagu, C., Edeh, H., Dim, E., Ani, A., Lewu, F. 2021. Effects of Sodium Butyrate and Rosemary Leaf Meal on General Performance, Carcass Traits, Organ Sizes and Nutrient Digestibility of Broiler Chickens. *Iran. J. Appl. Sci.* 11:375–389.
- Olsen, R., Kudirkiene, E., Thøfner, I., Pors, S., Karlskov-Mortensen, P., Li, L., Papasolomontos, S., Angastiniotou, C., Christensen, J. 2017. Impact of egg disinfection of hatching eggs on the eggshell microbiome and bacterial load. *Poult. Sci.* 96:3901–3911.
- Pascual, A., Pauletto, M., Giantin, M., Radaelli, G., Ballarin, C., Birolo, M., Zomeño, C., Dacasto, M., Bortoletti, M., Vascellari, M., Xiccato, G., Trocino, A. 2020. Effect of dietary supplementation with yeast cell wall extracts on performance and gut response in broiler chickens. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 11:40.
- Pearce, S. C., Kerr, B., Monson, M., Ramirez, S. 2025. Dietary butyrate effects on broiler growth, intestinal morphology and integrity, cecal volatile fatty acid concentrations, and colonic bacteria in broilers. *Poult. Sci.* 104:105898.
- Idoui, T., Karam, N. 2016. Effects of Autochthonous Probiotic Feeding on Performances, Carcass Traits, Serum Composition and Faecal Microflora of Broiler Chickens. *Sains Malaysiana.* 45:347-353.
- Rehman, A., Arif, M., Sajjad, N., Al-Ghadi, M., Alagawany, M., Abd El-Hack, M., Alhimaidi, A., Elnesr, S., Almutairi, B., Amran, R., Hussein, E., Swelum, A. 2020. Dietary effect of probiotics and prebiotics on broiler performance, carcass, and immunity. *Poult. Sci.* 99:6946–6953.
- Ren, Y., Muyyarikkandy, M., Gao, M., Lu, S., Reddyvari, R., Mathew, E., Kuttappan, D., Kosuri, P., Amalaradjou, M. 2025. Sustained in-ovo and in-feed probiotic supplementation promotes embryo development and post-hatch performance in broilers. *Poult. Sci.* 104:105395.
- Rostagno, H. S., Albino, L., Calderano, A., Hannas, M., Sakomura, N., Perazzo, F., Rocha, G., Saraiva, A., Teixeira de, A., Luiz, G., de Castro, T. 2024. TABELAS BRASILEIRAS PARA AVES E SUÍNOS - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 5th ed. Editora Scienza, Viçosa.

- Saeed, M., Al-Khalaifah, H., Al-Nasser, A., Al-Surrayai, T. 2025. Feeding the future: A new potential nutritional impact of *Lactiplantibacillus plantarum* and its promising interventions in future for poultry industry. *Poult. Sci.* 104:105130.
- Santos, J. S., Araújo, I., Lacerda, M., Andrade, M., Café, M., Leandro, N., Stringhini, J. 2022. Effects of broiler breeder age on immune system development of progeny. *RBZ* 51.
- Shahir, M., Moradi, S., Afsarian, O., Esmailipour, O. 2013. Effects of cereal type, enzyme and sodium butyrate addition on growth performance, carcass traits and intestinal morphology of broilers. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 15:181–189.
- Sikandar, A., Zaneb, H., Younus, M., Masood, S., Aslam, A., Khattak, F., Ashraf, S., Yousaf, M., Rehman, H. 2017. Effect of sodium butyrate on performance, immune status, microarchitecture of small intestinal mucosa and lymphoid organs in broiler chickens. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 30:690–699.
- Soós, Á., Szócs, E., Halasy, V., Jurenka, C., Nagy, N. 2025. Tenascin-C regulates CXCR4⁺ B cell migration and cortex formation in the developing bursa of Fabricius. *Front. Immunol.* 16.
- Sunkara, L. T., Achanta, M., Schreiber, N., Bommineni, Y., Dai, G., Jiang, W., Lamont, S., Lillehoj, H., Beker, A., Teeter, R., Zhang, G. 2011. Butyrate Enhances Disease Resistance of Chickens by Inducing Antimicrobial Host Defense Peptide Gene Expression. *PLoS One* 6.
- Suvarna, K. S., Layton, C., Bancroft, J. 2019. Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques. Elsevier.
- Tavaniello, S., Mucci, R., Stadnicka, K., Acaye, O., Bednarczyk, M., Maiorano, G. 2019. Effect of in ovo administration of different synbiotics on carcass and meat quality traits in broiler chickens. *Poult. Sci.* 98:464–472.
- Tsirtsikos, P., Fegeros, K., Balaskas, C., Kominakis, A., Mountzouris, K. 2012. Dietary probiotic inclusion level modulates intestinal mucin composition and mucosal morphology in broilers. *Poult. Sci.* 91:1860–1868.
- Volf, J., Crhanova, M., Karasova, D., Faldynova, M., Kubasova, T., Seidlerova, Z., Sebkova, A., Zeman, M., Juricova, H., Matiasovicova, J., Foltyn, M., Tvrdoň, Z., Rychlik, I. 2021. Eggshell and Feed Microbiota Do Not Represent Major Sources of Gut Anaerobes for Chickens in Commercial Production. *Microorganisms* 9:1480.
- Wu, W., Xiao, Z., An, W., Dong, Y., Zhang, B. 2018. Dietary sodium butyrate improves intestinal development and function by modulating the microbial community in broilers. *PLoS One* 13:e0197762.
- Xiao, X., Cui, T., Qin, S., Wang, T., Liu, J., Sa, L., Wu, Y., Zhong, Y., Yang, C. 2024. Beneficial effects of *Lactobacillus plantarum* on growth performance, immune status, antioxidant function and intestinal microbiota in broilers. *Poult. Sci.* 103:104280.
- Yang, C., Wang, S., Li, Q., Zhang, R., Xu, Y., Feng, J. 2024. Effects of Probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* HJLP-1 on Growth Performance, Selected Antioxidant Capacity, Immune Function Indices in the Serum, and Cecal Microbiota in Broiler Chicken. *Animals* 14:668.
- Yegani, M., Korver, D. 2008. Factors Affecting Intestinal Health in Poultry. *Poult. Sci.* 87:2052–2063.
- Younas, S., Bukhari, D., Bibi, Z., Ullah, A., Rehman, A. 2025. Impact of multistrain probiotics on growth performance, immune response, and gut morphometry in broiler chicken *Gallus gallus domesticus*. *Poult. Sci.* 104:105026.

- Zaefarian, F., Abdollahi, M., Cowieson, A., Ravindran, V. 2019. Avian Liver: The Forgotten Organ. *Animals* 9:63.
- Zang, J., Xiao, L., Shi, Y., Kou, Y., Ma, K., Zhang, C., Rui, X., Lin, T., Li, W. 2026. Advances in Dietary Modulation of the Intestinal Barrier: Mechanistic, Structural, and Functional Insights. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 25.
- Zhang, L., Zhang, R., Jia, H., Zhu, Z., Li, H., Ma, Y. 2021. Supplementation of probiotics in water beneficial growth performance, carcass traits, immune function, and antioxidant capacity in broiler chickens. *Open Life Sci.* 16:311–322.
- Zhao, H., Bai, H., Deng, F., Zhong, R., Liu, L., Chen, L., Zhang, H. 2022. Chemically Protected Sodium Butyrate Improves Growth Performance and Early Development and Function of Small Intestine in Broilers as One Effective Substitute for Antibiotics. *Antibiotics* 11:132.
- Zou, X., Ji, J., Qu, H., Wang, J., Shu, D., Wang, Y., Liu, T., Li, Y., Luo, C. 2019. Effects of sodium butyrate on intestinal health and gut microbiota composition during intestinal inflammation progression in broilers. *Poult. Sci.* 98:4449–4456.

Tabela 1 – Composição percentual e calculada das dietas para frangos de corte de 1 a 35 dias de idade.

Ingredientes (%)	Idade das aves			
	0–8 dias	8–17 dias	17–27 dias	27–35 dias
Milho	51,53	56,20	60,94	62,93
Farelo de soja (46%)	40,60	36,52	33,35	31,52
Óleo de soja	2,69	2,42	1,98	2,28
Calcário calcítico	1,56	1,44	1,08	0,97
Fosfato bicálcico	2,06	1,87	1,14	0,91
Sal	0,54	0,49	0,44	0,43
DL-Metionina (99%)	0,35	0,34	0,36	0,33
Lisina HCl (78%)	0,21	0,28	0,28	0,27
L-Treonina (98%)	0,12	0,14	0,13	0,12
Coxistac 12%	0,05	0,05	0,05	–
Cloreto de colina (60%)	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10
Premix mineral ³	0,05	0,05	0,05	0,05
Butirato de sódio ¹	0,10	0,05	0,05	0,05
<i>Composição nutricional calculada</i>				
Proteína bruta (%)	23,29	21,86	20,79	20,07
Fibra bruta (%)	3,37	3,25	3,17	3,12
Energia metabolizável (kcal/kg)	2930	2975	3025	3075
Lisina digestível (%)	1,29	1,25	1,18	1,13
Metionina digestível (%)	0,65	0,62	0,63	0,60
Treonina digestível (%)	0,86	0,82	0,78	0,75
Cálcio (%)	1,11	1,02	0,73	0,64
Fósforo disponível (%)	0,52	0,48	0,35	0,31
Sódio (%)	0,24	0,22	0,20	0,20

¹ Butirato de sódio: 70% de butirato de sódio ativo. Fornecido 700 g/kg de butirato de sódio protegido.

² Composition per kg of vitamin premix: folic acid (min), 902.5mg; pantothenic acid (min) 12.0 g; biotin (min) 77.0 mg; niacin, 40 g; vitamin A (min) 8,800,000.IU; vitamin B1 (min) 2,499.0 mg; vitamin B12 (min) 16,200.0 mcg; vitamin B2 (min) 5704.0 mg; vitamin B6 (min) 3,998.4 mg; vitamin D3 (min) 3,000,000.0 IU; vitamin E (min) 30,000.0 IU; vitamin K3 (min) 2,198.1 mg.

³ Composition per kg of mineral premix: copper (min) 7,000.0 mg; iron (min) 50.0 g; iodine (min) 1,500.0 mg; manganese (min) 67.5 g; selenium (min) 349.6 mg; zinc (min) 45.6 g.

752 Tabela 2. Temperatura e umidade relativa do ar registradas nas incubadoras durante os períodos de
 753 incubação e eclosão

Incubadora*	1º ao 18º dia de incubação		19º ao final do período de incubação	
	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)
1	37,5 ± 0,13	59,9 ± 1,31	37,5 ± 0,06	59,2 ± 1,21
2	37,6 ± 0,21	60,4 ± 0,4	37,5 ± 0,07	60,6 ± 1,26
3	37,6 ± 0,19	57,3 ± 4,21	37,5 ± 0,04	61,3 ± 3,49
4	37,7 ± 0,10	56,9 ± 2,94	37,5 ± 0,15	61,2 ± 2,67

754 Incubadoras 1 e 2: Luna 480 (Chocmaster, Piraquara-PR, Brasil). Incubadoras 3 e 4: IP 100 (Premium
 755 ecológica, Belo Horizonte-MG, Brasil).

756 Tabela 3 – Desempenho de frangos de corte provenientes de ovos aspergidos ou não com
 757 probiótico, recebendo ou não butirato de sódio na ração.

Variável	Aspersão (As)		Butirato (Bu)		P =			SE
	Sem	Com	Sem	Com	As	Bu	As*Bu	
- 21 dias -								
Ganho de peso, g	878	909	910	877	0,01	<0,01	0,46	7,99
Consumo de ração, g	1146	1220	1188	1179	<0,01	0,40	<0,01	7,90
Conversão alimentar, g/g	1,31	1,34	1,31	1,35	0,14	0,12	0,05	0,02
- 35 dias -								
Ganho de peso, g	2428	2505	2466	2467	0,05	0,98	0,47	25,3
Consumo de ração, g	3266	3287	3301	3252	0,48	0,12	0,02	21,3
Conversão alimentar, g/g	1,35	1,31	1,34	1,32	0,16	0,33	0,05	0,02

758 SE: Erro padrão. As: Aspersão com *L. plantarum*. Bu: Suplementação com butirato de sódio. As* Bu: Interação aspersão
 759 com bactéria e suplementação com butirato de sódio.
 760
 761

762 Tabela 4 – Análise do desdobramento do consumo de ração e conversão alimentar aos 21 e aos
 763 35 dias de idade de frangos de corte provenientes de ovos aspergidos ou não com probiótico,
 764 recebendo ou não butirato de sódio na ração.

Butirato de sódio	Aspersão		P =
	Sem	Com	
	<i>- Consumo de ração aos 21 dias -</i>		
Sem	1178	1198	0,20
Com	1115	1242	<0,01
P =	<0,01	0,01	
	<i>- Consumo de ração aos 35 dias -</i>		
Sem	3327	3275	0,24
Com	3205	3299	0,04
P =	0,01	0,59	
	<i>- Conversão alimentar aos 21 dias -</i>		
Sem	1,31	1,30	0,73
Com	1,30	1,39	0,02
P =	0,80	0,02	
	<i>- Conversão alimentar aos 35 dias -</i>		
Sem	1,38	1,30	0,03
Com	1,31	1,33	0,72
P =	0,05	0,50	

765 SE: Erro padrão

766

767 Tabela 5 – Características de carcaça aos 35 dias de idade de frangos de corte provenientes de
 768 ovos aspergidos ou não com probiótico, recebendo ou não butirato de sódio na ração.

Variável	Aspersão (As)		Butirato (Bu)		P =			SE
	Sem	Com	Sem	Com	As	Bu	As*Bu	
<i>- machos -</i>								
Peso vivo, g	2933	2853	2952	2833	0,31	0,14	0,90	55,0
Carcaça, %	86,7	87,5	87,8	86,4	0,05	<0,01	0,78	0,24
Peito, %	32,0	31,7	30,0	33,6	0,73	<0,01	0,11	0,55
Coxa, %	9,44	9,45	8,00	10,89	0,98	<0,01	0,77	0,19
Sobrecoxa, %	9,69	10,57	8,66	11,59	0,07	<0,01	0,60	0,33
Vísceras, %	10,30	9,84	10,26	9,88	0,15	0,24	0,84	0,22
Baço, %	0,10	0,10	0,10	0,10	0,53	0,57	0,27	0,01
Fígado, %	2,17	2,03	2,19	2,01	0,05	0,01	0,20	0,05
Bursa, %	0,226	0,194	0,215	0,205	0,02	0,45	0,09	0,01
<i>- fêmeas -</i>								
Peso vivo, g	2540	2596	2609	2526	0,50	0,32	0,56	58,2
Carcaça, %	87,5	87,5	87,9	87,2	0,92	0,02	0,25	0,20
Peito, %	31,2	30,2	28,6	32,8	0,18	<0,01	0,98	0,50
Coxa, %	8,95	9,00	7,55	10,40	0,87	<0,01	0,02	0,19
Sobrecoxa, %	8,92	9,08	7,71	10,30	0,72	<0,01	0,23	0,32
Vísceras, %	10,11	9,01	9,80	9,32	<0,01	0,23	0,12	0,27
Baço, %	0,10	0,11	0,11	0,09	0,33	<0,01	0,72	0,01
Fígado, %	2,05	2,00	2,13	1,92	0,26	<0,01	0,68	0,03
Bursa, %	0,229	0,156	0,170	0,214	<0,01	<0,01	0,01	0,01

SE: Erro padrão. As: Aspersão com *L. plantarum*. Bu: Suplementação com butirato de sódio. As* Bu: Interação aspersão com bactéria e suplementação com butirato de sódio.

769
 770
 771

772 Tabela 6 – Análise do desdobramento do rendimento de coxa e peso relativo da Bursa de
 773 Fabricius aos 35 dias de idade de frangos de corte provenientes de ovos aspergidos ou não com
 774 probiótico, recebendo ou não butirato de sódio na ração.

Butirato de sódio	Aspersão		P =
	Sem	Com	
	<i>- Coxa, % -</i>		
Sem	7,86	7,23	0,11
Com	10,04	10,76	0,07
P =	<0,01	<0,01	
	<i>- Bursa, % -</i>		
Sem	0,188	0,152	0,07
Com	0,269	0,159	<0,01
P =	<0,01	0,71	

775 SE: Erro padrão.

776

Tabela 7 – Características histológicas do intestino e da Bursa de Fabricius aos 35 dias de idade de frangos de corte machos e fêmeas provenientes de ovos aspergidos ou não com probiótico, recebendo ou não butirato de sódio na ração.

Variável	Aspersão		Butirato		P =			SE
	Sem	Com	Sem	Com	As	Bu	As*Bu	
<i>- Duodeno -</i>								
Vilosidades, µm	864	841	875	830	0,66	0,40	0,67	52,1
Cripta, µm	131	139	127	143	0,52	0,17	0,92	11,4
V:C	7,10	6,50	7,51	6,08	0,34	0,03	0,42	0,62
<i>- Jejuno -</i>								
Vilosidades, µm	651	673	698	626	0,62	0,11	0,26	43,5
Cripta, µm	123	111	123	111	0,19	0,16	0,69	8,68
V:C	5,57	6,34	6,05	5,87	0,13	0,72	0,43	0,49
<i>- Íleo -</i>								
Vilosidades, µm	609	633	629	614	0,57	0,71	0,87	40,3
Cripta, µm	122	121	124	119	0,86	0,63	0,26	8,97
V:C	5,26	5,85	5,67	5,44	0,20	0,61	0,15	0,45
<i>- Bursa de Fabricius -</i>								
Area do folículo, µm²	144,1	138,9	150,9	132,1	0,77	0,29	0,76	17,3
Medula, %	43,1	46,0	43,7	45,4	0,05	0,20	<0,01	1,33

SE: Erro padrão. As: Aspersão com *L. plantarum*. Bu: Suplementação com butirato de sódio. As* Bu: Interação aspersão com bactéria e suplementação com butirato de sódio.

784 Tabela 8– Análise do desdobramento da porcentagem de folículo da Bursa de Fabrícus de
 785 frangos de corte aos 35 dias de idade provenientes de ovos aspergidos ou não com probiótico,
 786 recebendo ou não butirato de sódio na ração.

Butirato de sódio	Aspersão		P =
	Sem	Com	
Sem	44,3	43,0	0,49
Com	41,9	48,9	<0,01
P =	0,22	<0,01	

787