



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

Faculdade de Ciências Agrárias

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



**ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA MELHORIA
LOCOMOTORA EM FRANGOS DE CORTE: O PAPEL DO
ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E DOS MELHORADORES
DE DESEMPENHO**

Lorraine Aline Barbosa de Lima

Médica Veterinária

Dourados-MS
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

Faculdade de Ciências Agrárias

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



**ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA MELHORIA
LOCOMOTORA EM FRANGOS DE CORTE: O PAPEL DO
ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E DOS MELHORADORES DE
DESEMPENHO**

Lorraine Aline Barbosa de Lima

Orientador(a): Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia

Coorientador (a): Prof^a. Dr^a. Claudia Marie Komiyama

Coorientador (a): Prof. Dr. Caio Cesar dos Ouros

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestra em Zootecnia.

Dourados- MS
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L732e Lima, Lorraine Aline Barbosa De

Estratégias de manejo para melhoria locomotora em frangos de corte: o papel do enriquecimento ambiental e dos melhoradores de desempenho [recurso eletrônico] / Lorraine Aline Barbosa De Lima. -- 2026.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Rodrigo Garófallo Garcia .

Coorientadores: Claudia Marie Komiyama, Caio Cesar dos Ouros.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2026.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Aditivos. 2. Bem-Estar. 3. Saúde Locomotora. I. Garcia, Rodrigo Garófallo. II. Komiyama, Claudia Marie. III. Ouros, Caio Cesar Dos. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

Faculdade de Ciências Agrárias

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Estratégias de manejo para melhoria locomotora em frangos de corte: o papel do enriquecimento ambiental e dos melhoradores de desempenho

Lorraine Aline Barbosa de Lima

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 23 de Fevereiro de 2026, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof^ª. Dr^ª. Maria Fernanda de Castro
Burbarelli
FCA/UFGD

Prof^ª. Dr^ª. Valquíria Cação da Cruz
UNESP

Prof.Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Orientador(a)
FCA/UFGD

BIOGRAFIA DA AUTORA

Lorraine Aline Barbosa de Lima, nascida em 27 de Maio de 2000, filha de Claudenir de Souza Barbosa e Aires Francisco Ferreira de Lima, irmã de Lucas Aparecido Barbosa Silva, natural de Dourados-MS, cresceu em uma pequena Vila, localizada a 22km de Dourados, chamada Vila São Pedro, onde teve bons amigos e boas lembranças com a família. Começou seu Bacharelado em Medicina Veterinária no ano de 2018, onde participou de monitorias na matéria de fisiologia animal e avicultura, estágios, atividades complementares e ministrou o mini-curso em necropsia de aves comerciais de corte e postura, no ano de 2022 iniciou o seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), titulado de: Ocorrências de doenças respiratórias em granjas comerciais de frango de corte na região de Dourados-MS. Onde realizava a necropsia de frangos de corte para avaliação do sistema respiratório através da histopatologia, finalizando-o em 2023. Realizou a sua colação de grau no dia 24 de Janeiro de 2024, se tornando médica veterinária. Em Março de 2024, iniciou no curso de mestrado *stricto sensu* no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em Produção Animal, na Universidade Federal da Grande Dourados, sob orientação do Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia, foi bolsista durante o mestrado, tendo recebido bolsa CAPES, o que possibilitou dedicação exclusiva para a pesquisa, nesses dois anos do mestrado (2024-2025), cursou disciplinas obrigatórias e optativas, concluindo 420 horas de estudos. Realizou sua pesquisa com ênfase em frangos de corte, onde avaliou o sistema locomotor de frangos submetidos a dois tipos de aditivos (Antibiótico e Probiótico) e a presença ou ausência de enriquecimento ambiental.

EPÍGRAFE

"Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar"

Josué 1:9

DEDICATÓRIA

Ao meu querido irmão, Lucas Aparecido Barbosa Silva,
que permanece vivo em meu coração e na minha memória.
Sua presença, ainda que invisível, foi força e inspiração ao
longo desta caminhada.
In memoriam - 1995-2020

AGRADECIMENTOS

A Deus, princípio e sustento de todas as coisas, por ter sido meu refúgio nos momentos de incerteza, minha força nos dias difíceis e minha luz ao longo de toda esta caminhada. Cada conquista aqui alcançada é expressão da Sua graça e fidelidade em minha vida.

À minha mãe, Claudenir de Souza Barbosa, meu maior exemplo de amor, coragem e dedicação. Obrigada por cada renúncia silenciosa, por cada palavra de incentivo, por cada gesto de cuidado e por nunca permitir que eu desistisse dos meus sonhos. Se hoje concluo esta etapa, é porque você esteve ao meu lado em todos os momentos, sendo meu porto seguro e minha maior inspiração.

À minha namorada, Monaline Ribeiro Aquino da Silva, pelo amor que acolhe, pela paciência nos dias de ausência, pelo apoio constante e pela compreensão nos momentos de cansaço e insegurança. Obrigada por caminhar comigo, por acreditar em mim quando eu mesma duvidei e por transformar os desafios em jornadas mais leves e cheias de esperança.

Ao meu orientador, Rodrigo Garófallo Garcia, pela confiança depositada em mim, pela orientação firme e generosa, pelos ensinamentos compartilhados e pela dedicação ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para o meu crescimento acadêmico e profissional.

À uma grande professora e amiga, Maria Fernanda de Castro Burbarelli, expresse minha sincera gratidão pelo apoio e confiança. Sua dedicação em me ensinar a ser uma pessoa justa e generosa, me fez tornaram alguém melhor, muito obrigada.

À minha melhor amiga, Maria Eduarda Satake Nunes, minha confidente e companheira de jornada, que esteve ao meu lado nos momentos de alegria e, principalmente, nos dias mais desafiadores. Obrigada por cada palavra de incentivo, por cada gesto de carinho e por acreditar em mim, sua amizade foi abrigo, força e luz durante essa caminhada.

Aos meus amigos, Karine Isabela Tenório, Estélany Maciel Belmonte e Elivelton de Salles da Silveira, que compreenderam minha ausência, celebraram minhas pequenas vitórias e ofereceram palavras de incentivo nos momentos mais difíceis.

Que esta etapa concluída seja reflexo do amor, da fé e do apoio que me sustentaram até aqui.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS.....	5
LISTA DE ABREVIATURAS	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	9
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
Panorama sobre a avicultura brasileira	11
O Contexto da Produção e a Importância da Saúde Locomotora.....	12
O papel dos aditivos probióticos na sanidade e locomoção de frangos de corte	14
Enriquecimento ambiental.....	16
Tipos de enriquecimentos ambientais	17
Interação e Manejo Integrado: melhoradores de desempenho, enriquecimento ambiental e saúde locomotora	18
3. OBJETIVOS.....	20
Objetivos Gerais	20
Objetivos Específicos	20
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO 2 - Avaliação multifatorial da saúde locomotora e do bem-estar em frangos de corte: interação entre enriquecimento ambiental e aditivos moduladores de desempenho.....	25
RESUMO.....	26
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS	28
Descrição animal e unidades experimentais	28
Análises estatísticas e quantitativas.....	32
DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS.....	33
Espondilolistese	33

Espondilolistese- tomografia computadorizada (TC)	33
<i>Gait score (GS)</i>	35
Valgus e Varus (V/V)	35
Miopatia Dorso Cranial (MDC)	35
Degeneração femoral (DF)	36
Discondroplasia tibial (DT)	36
Densitometria óssea (DO)	38
<i>Latency to lie (LTL)</i>	38
Resistência Óssea (RO)	39
Pododermatite (PD)	39
RESULTADOS	40
DISCUSSÃO	45
CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
CAPÍTULO 3- CONSIDERAÇÕES FINAIS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Enriquecimento permanente, rampa plástica construída de piso vazado.....	30
Figura 2- Grupo 1: Fitas metálicas na altura dos animais + espelhos.....	30
Figura 3- Grupo 2: Feno de alfafa fornecido em bolas de metal com aberturas + corrente de ferro pendurada na altura dos animais.....	31
Figura 4- Grupo 3: Feno de alfafa pendurado na altura dos animais + bolinhas coloridas.....	31
Figura 5- Avaliação de espondilolistese visual. Vértebra que se encontravam comprimindo a medula vertebral, atribuindo o escore 1 (presença).....	33
Figura 6- Avaliação de espondilolistese com imagem obtida na TC, demonstrando a medula vertebral. Letras A, B, C, e D, informando como a imagem é vista quando se movimenta o scroll do mouse.....	34
Figura 7- Avaliação de espondilolistese através da TC, imagem do processo de realização da TC.....	34
Figura 8- Avaliação de deformidades em frangos de corte. (A) Imagem representando Valgus - A parte distal se afasta da linha média do corpo; (B) Imagem representando normalidade em seu ângulo; (C) Imagem representando a Varus - A parte distal se aproxima da linha média do corpo.....	35
Figura 9- Avaliação de miopatia dorso cranial em frangos de corte. (A) Escore 2, presença moderada de lesão no músculo; (B) Escore 3, presença severa de lesão no músculo.....	36
Figura 10- Avaliação de degeneração femoral em frangos de corte. (A) Integridade da cartilagem; (B) Integridade parcial da cartilagem; (C) Cartilagem inexistente.....	37
Figura 11- Avaliação de discondroplasia tibial em frangos de corte. (A) Ausência de espessamento anormal da cartilagem; (B) Tíbia com placa de crescimento intermediária; (C) Tíbia com a placa de crescimento apresentando mais de 3 mm de cartilagem.....	37
Figura 12- Análise de densitometria óssea em frangos de corte. (A) Escada de alumínio utilizada para análise; (B) Imagem obtida pelo Raio-X demonstrando os quadrantes do fêmur; (C) Imagem obtida pelo Raio-X demonstrando os quadrantes da tíbia.....	38
Figura 13: Análise de resistência óssea em frangos de corte. (A) Amostras na estufa para secagem (B) Amostras depois de 24 horas dentro da estufa (C) Fêmur na shear force (D) Tíbia na shear force.....	39

Figura 14: Graus de pododermatite em frangos de corte. (A) Escore 0 - coxim totalmente íntegro; (B) Escore 1 - lesão inicial com diâmetro de até 5 mm; (C) Escore 2 - lesão extensa, diâmetro com mais de 5 mm.....**40**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Densitometria óssea no fêmur e tíbia de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.....	41
Tabela 2- Discondroplasia tibial e degeneração femoral de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.....	41
Tabela 3- Espondilolistese de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental, avaliada através de tomografia computadorizada (TC) e por análise visual.....	42
Tabela 4- <i>Latency to lie</i> e deformidades Valgus e varus de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.....	42
Tabela 5- Avaliação de pododermatite de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental, avaliados aos 23,36 e 40 dias de idade.....	43
Tabela 6- <i>Gait score</i> de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental, avaliados aos 23,36 e 40 dias de idade.....	44
Tabela 7- Miopatia Dorso Cranial de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.....	44
Tabela 8- Resistência óssea de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

AMD.....	Antibiótico Melhorador de Desempenho
DF.....	Degeneração Femoral
DO.....	Densitometria Óssea
DT.....	Discondroplasia Tibial
EA.....	Enriquecimento Ambiental
GS.....	<i>Gait Score</i>
LTL.....	<i>Latency To Lie</i>
MDC.....	Miopatia Dorso Cranial
PD.....	Pododermatite
PROB.....	Probiótico
RO.....	Resistência Óssea
V/V.....	<i>Valgus e Varus</i>

Estratégia de manejo para melhoria locomotora em frangos de corte: o papel do enriquecimento ambiental e dos melhorados de desempenho

RESUMO- O setor de avicultura de corte enfrenta o desafio de conciliar o rápido crescimento devido ao intenso melhoramento genético com o bem-estar animal, sendo os distúrbios locomotores e as lesões de pata fatores limitantes. O uso de aditivos dietéticos, como antibiótico melhorador de desempenho (AMD), tem sido historicamente crucial para o desempenho, enquanto os probióticos (PROB) emergem como alternativas promissoras para a modulação da microbiota e a otimização da absorção de nutrientes. Paralelamente, o enriquecimento ambiental (EA) é reconhecido como uma estratégia de manejo capaz de estimular o comportamento natural e o desenvolvimento físico. Este estudo teve como objetivo principal avaliar o efeito de diferentes combinações de aditivos (antibiótico e probiótico), com e sem o uso de EA, sobre o desenvolvimento físico e os principais indicadores de bem-estar em frangos de corte. Foram utilizados 1.440 pintainhos de corte machos da linhagem Ross TM4®, distribuídos aleatoriamente em 48 boxes, com 30 aves cada, alojadas em um aviário experimental da Universidade Federal da Grande Dourados. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x2 (seis tratamentos e oito repetições). O estudo comparou controle, AMD e PROB, com ou sem enriquecimento ambiental, utilizando enriquecimento permanente (rampa plástica) e temporário rotativo a cada três dias, que incluíram fitas metálicas, espelhos, corrente de ferro, feno de alfafa e bolas coloridas. Foram avaliados parâmetros relacionados ao sistema locomotor das aves, como *gait score*, presença de *valgus e varus*, *latency to lie* e incidência de pododermatite. Onde resultou-se que o uso do antibiótico (com ou sem enriquecimento) obteve os melhores resultados na maioria das análises; porém, os probióticos também alcançaram valores semelhantes aos antibióticos. Concluindo que os achados indicam que tanto o antibiótico quanto o probiótico são eficazes na mitigação dos distúrbios locomotores, sugerindo que a modulação da saúde intestinal (seja por supressão microbiana ou por otimização da absorção de nutrientes) é de grande importância para a saúde das pernas. A equivalência de resultados entre o AMD e o PROB valida a viabilidade do probiótico como alternativa sustentável para promover a saúde locomotora em sistemas de produção que buscam reduzir o uso de antibióticos.

Palavras-chave: Aditivos, Bem-estar, Saúde locomotora.

Management strategy for locomotor improvement in broiler chickens: the role of environmental enrichment and performance enhancers.

ABSTRACT: The broiler poultry sector faces the challenge of reconciling rapid growth driven by intense genetic improvement with animal welfare, as locomotor disorders and footpad lesions are limiting factors. The use of dietary additives, such as antibiotic growth promoters (AGP), has historically been crucial for performance, while probiotics (PROB) have emerged as promising alternatives for modulating the microbiota and optimizing nutrient absorption. In parallel, environmental enrichment (EE) is recognized as a management strategy capable of stimulating natural behavior and physical development. This study aimed to evaluate the effect of different combinations of additives (antibiotic and probiotic), with and without the use of EE, on physical development and key welfare indicators in broilers. A total of 1,440 male broiler chicks of the Ross TM4® strain were randomly distributed into 48 pens, with 30 birds each, housed in an experimental poultry facility at the Federal University of Grande Dourados. The experimental design was completely randomized in a 3×2 factorial arrangement (six treatments and eight replicates). The study compared control, AGP, and PROB treatments, with or without environmental enrichment, using permanent enrichment (plastic slatted ramp) and temporary enrichment rotated every three days, including metallic strips, mirrors, iron chains, alfalfa hay, and colored balls. Parameters related to the birds' locomotor system were evaluated, such as gait score, presence of valgus and varus, latency to lie, and incidence of footpad dermatitis. The results showed that the use of antibiotics (with or without enrichment) yielded the best outcomes in most analyses; however, probiotics also achieved values similar to antibiotics. It was concluded that both antibiotics and probiotics are effective in mitigating locomotor disorders, suggesting that modulation of gut health (either through microbial suppression or optimization of nutrient absorption) plays a key role in leg health. The equivalence of results between AGP and PROB supports the viability of probiotics as a sustainable alternative to promote locomotor health in production systems seeking to reduce antibiotic use.

Keywords: Additives; Locomotor Health, Welfare.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira consolidou-se como um dos pilares do agronegócio, combinando escala produtiva, eficiência e forte inserção internacional. Em 2024, estimativas oficiais indicaram que 64,7% da produção nacional de carne de frango foram destinados ao mercado interno e 35,3% às exportações, evidenciando a dupla relevância econômica e social do setor (Santin, 2025). Esse desempenho se sustenta em ganhos de produtividade contínuos, logística competitiva e adoção de tecnologias de nutrição e manejo (ABPA, 2024). No Centro-Oeste, o Mato Grosso do Sul (MS) ocupa posição estratégica pelo acesso a grãos, infraestrutura e rotas de escoamento: em 2025, o estado registrou crescimento de receita e volume exportado de carne de frango frente a 2024, reforçando sua participação na cadeia (FAMASUL, 2025). A diversificação produtiva inclui também a avicultura de postura, com mais de um bilhão de unidades de ovos produzidas em 2023 (IBGE, 2025).

No campo nutricional, os aditivos melhoradores de desempenho evoluíram de promotores antibióticos para alternativas seguras e sustentáveis, como probióticos, prebióticos, leveduras, fitoterápicos, entre outros. Evidências provenientes de revisões recentes (Kumar et al., 2025; Naeem e Bourassa, 2025), demonstram que os probióticos exercem papel modulador sobre a microbiota intestinal, promovem o fortalecimento da barreira intestinal e contribuem para a melhoria do ganho de peso e da conversão alimentar, sobretudo quando introduzidos nas fases iniciais de desenvolvimento.

O estudo de Šimunović et al., (2025), demonstrou que a suplementação precoce de probióticos em frangos de corte exerce efeitos significativos sobre a saúde intestinal e o desempenho produtivo. A administração de lactobacilos nas fases iniciais, incluindo aplicação *in ovo* e logo após a eclosão, foi associada à modulação da microbiota cecal e à redução de marcadores inflamatórios, evidenciando o papel crítico dessas intervenções na maturação do sistema imune (Sharma et al., 2026).

De forma complementar, Hussain et al., (2025), indicaram que a oferta de probióticos desde os primeiros dias de vida melhora parâmetros de desempenho, como ganho de peso e conversão alimentar, além de promover alterações benéficas na composição da microbiota intestinal. Em conjunto, esses achados reforçam que a suplementação precoce pode influenciar positivamente o desenvolvimento intestinal e

produtivo das aves, moldando respostas fisiológicas determinantes para as fases subsequentes do ciclo de produção.

Dietas otimizadas com melhoradores reduzem a disbiose, resultando em fezes mais firmes e cama mais seca, o que diminui a incidência de pododermatite e estimula a locomoção das aves (Kumar et al., 2025).

O enriquecimento ambiental emerge como componente-chave de sistemas mais sustentáveis, ao favorecer a expressão de comportamentos naturais, reduzir estereotípias e apoiar indicadores de bem-estar. Evidências em frangos de corte mostram que estruturas como poleiros, objetos manipuláveis e áreas de escarificação (areia/feno) podem melhorar atividade, reduzir apatia e, em alguns contextos, refletir-se em produtividade e qualidade de carcaça (Sans et al., 2014; Silva, 2020).

Estudos recentes enfatizam a necessidade de enriquecimentos funcionais, ou seja, utilizar recursos ambientais que não são apenas objetos para distração, mas que têm uma função biológica ou comportamental clara, alinhando às necessidades físicas e fisiológicas da ave, ajustando de acordo à idade, linhagem, e a integrando ao manejo (Guimarães et al., 2025).

Embora o manejo integrado, com uso de enriquecimento ambiental, gere custos adicionais, esses podem ser compensados pela redução de perdas produtivas, como mortalidade e condenações, tornando-se um investimento viável (Riber et al., 2018).

A saúde dos membros locomotores é tema central por seu impacto no bem-estar e na eficiência produtiva. Problemas como pododermatite de contato, deformidades angulares, discondroplasia tibial e claudicação comprometem desempenho, aumentam condenações e representam perdas econômicas diretas e indiretas (Santos et al., 2002; Liu et al., 2023). A avaliação do andar por *gait score* é amplamente utilizada em campo e vem sendo refinada por abordagens objetivas, incluindo visão computacional de topo (Fodor et al., 2025) e estudos genéticos que incorporam a locomoção como característica de seleção (Kapell et al., 2025). No manejo, cama seca e de boa qualidade, ventilação adequada e densidade compatível reduzem a incidência de lesões plantares, e simultaneamente, o enriquecimento ambiental estimula a atividade moderada e pode favorecer o desenvolvimento ósseo (Sans et al., 2014).

Nesse contexto, considerando a estreita relação entre saúde intestinal, aproveitamento de nutrientes e desenvolvimento musculoesquelético, bem como a influência da atividade física sobre a integridade óssea e articular, torna-se relevante

investigar abordagens integradas que associem estratégias nutricionais e práticas de manejo. Assim, o presente estudo avaliou a interação entre aditivos melhoradores de desempenho (antibiótico e probiótico), com e sem a inclusão de enriquecimento ambiental, buscando compreender de que forma essas intervenções podem influenciar a saúde dos membros locomotores de frangos de corte em sistemas intensivos de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Panorama sobre a avicultura brasileira

A avicultura brasileira ocupa posição de destaque no cenário mundial, consolidando-se como um dos setores mais dinâmicos e estratégicos do agronegócio. O país figura entre os maiores produtores e exportadores de carne de frango e ovos, sendo reconhecido internacionalmente pela elevada eficiência produtiva, qualidade sanitária e competitividade econômica (ABPA, 2025; USDA, 2025). Essa relevância é fruto de um processo histórico de modernização tecnológica, integração de cadeias produtivas e adaptação a diferentes demandas do mercado, fatores que conferem à atividade não apenas protagonismo econômico, mas também importância social e alimentar.

O desenvolvimento da avicultura no Brasil iniciou-se de forma incipiente nas décadas de 1930 e 1940, quando a produção era voltada ao consumo local e apresentava baixa padronização. A partir das décadas de 1950 e 1960, com a introdução de rações balanceadas e a incorporação de genética importada, o setor passou por um processo de modernização, possibilitando ganhos em produtividade e eficiência (ABPA, 2025). Nas décadas seguintes, sobretudo entre 1970 e 1980, consolidou-se o modelo de integração entre agroindústrias e produtores, permitindo maior escala de produção e redução de custos. A partir da década de 1990, o Brasil passou a assumir protagonismo no mercado internacional de carne de frango, posição que se fortaleceu ao longo dos anos 2000, com investimentos em biossegurança, sanidade e certificações internacionais (Santin, 2025).

Atualmente, a avicultura brasileira apresenta números expressivos. Para 2025, estima-se que a produção nacional de carne de frango ultrapasse 15 milhões de toneladas, das quais cerca de 5,3 milhões serão destinadas ao mercado externo, representando mais de 31% do comércio global do produto (USDA, 2025). Com

exportações para mais de 150 países, o Brasil consolida-se como líder mundial, atendendo mercados exigentes como União Europeia, China, Japão e Oriente Médio (ABPA, 2025). No mercado interno, o consumo per capita aproxima-se de 46 kg/habitante/ano, tornando a carne de frango a principal fonte proteica de origem animal da população brasileira (Santin, 2025).

A dimensão econômica da avicultura no Brasil é igualmente significativa. O setor responde por parcela expressiva da balança comercial do agronegócio, movimentando bilhões de dólares em exportações anuais e gerando milhões de empregos diretos e indiretos ao longo da cadeia produtiva, que envolve desde a produção de insumos (milho, soja, rações, vacinas) até o processamento e a distribuição (Santin, 2025). O modelo de integração adotado no país fortalece a relação entre agroindústrias e produtores, promovendo estabilidade de renda no campo e fomentando o desenvolvimento regional, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste, principais polos produtivos.

Apesar dos avanços, a avicultura enfrenta desafios que impactam sua sustentabilidade e competitividade. Entre eles, destacam-se a volatilidade nos preços dos grãos, que compõem mais de 70% do custo de produção, a pressão internacional por práticas ambientalmente sustentáveis e de bem-estar animal, e o risco de disseminação de enfermidades, como a influenza aviária, que exigem rigorosos protocolos de biossegurança (USDA, 2025; CONAB, 2025). Além disso, questões relacionadas à pegada de carbono, uso de água e emissões de gases de efeito estufa têm ganhado relevância, demandando inovações tecnológicas e políticas públicas voltadas à sustentabilidade da cadeia produtiva.

Diante desse contexto, a avicultura brasileira encontra-se em um dilema: ao mesmo tempo em que se consolida como potência global em produção e exportação, precisa responder às novas demandas da sociedade por sistemas mais sustentáveis, rastreáveis e integrados ao conceito de segurança alimentar. Nesse sentido, a análise da trajetória histórica, da relevância econômica e dos desafios atuais do setor constitui base fundamental para a formulação de estratégias de inovação tecnológica, políticas de desenvolvimento e pesquisas acadêmicas voltadas ao fortalecimento da avicultura como atividade econômica, social e ambientalmente sustentável.

O Contexto da Produção e a Importância da Saúde Locomotora

A avicultura moderna testemunhou uma transformação notável na última metade do século, impulsionada por intensos programas de melhoramento genético. O foco principal dessa seleção tem sido o aumento da taxa de crescimento e da eficiência alimentar, resultando no frango de corte atual que atinge o peso de abate em um tempo significativamente menor. Embora esse avanço seja um sucesso econômico e produtivo, ele trouxe consigo importantes desafios de bem-estar e saúde locomotora (Tallentire et al., 2016).

A seleção zootécnica tem sido extraordinariamente eficaz. Em menos de 60 anos, o tempo necessário para atingir um peso corporal específico foi drasticamente reduzido (Julian, 2005). No entanto, essa taxa acelerada de crescimento da massa muscular (particularmente do peito) impõe uma sobrecarga desproporcional ao sistema esquelético e cardiovascular do animal (Knowles et al., 2008).

O rápido ganho de peso e o aumento da deposição muscular na parte anterior do corpo resultam em uma alteração na distribuição do peso corporal, exigindo maior suporte dos membros inferiores (Oltenacu e Broom, 2010). Essa desproporção contribui para o desenvolvimento de distúrbios de pernas e problemas locomotores, os quais estão diretamente associados ao comprometimento do bem-estar animal. Isso ocorre porque tais alterações levam à dor, desconforto e limitação da mobilidade, afetando negativamente a capacidade das aves de acessar alimento e água, bem como de expressar comportamentos naturais.

A má qualidade da saúde locomotora, conhecida como claudicação (dificuldade em andar), é uma das principais preocupações de bem-estar, sendo causada por uma variedade de patologias. Entre elas, destaca-se a discondroplasia tibial, considerada o distúrbio esquelético mais comum (Julian, 2005), caracterizada pela falha na mineralização da cartilagem na placa de crescimento proximal da tíbia, resultando em massas cartilaginosas anormais. Sua etiologia é multifatorial, envolvendo fatores genéticos, nutricionais e de manejo (Rath et al., 2000). Essa condição está frequentemente associada à dor e à dificuldade de locomoção, configurando uma clara violação da liberdade de dor e desconforto.

As deformidades angulares dos ossos (varus/valgus), caracterizadas por desvios laterais ou mediais das pernas, também comprometem significativamente a locomoção, tornando-a difícil e dolorosa (Julian, 2005). Da mesma forma, a osteomielite bacteriana e a artrite séptica, frequentemente associadas a lesões pré-existentes, resultam em

processos inflamatórios e infecciosos que intensificam a claudicação e podem evoluir para quadros sistêmicos graves (McNamee & Smyth, 2000), agravando ainda mais o estado de bem-estar das aves.

A pododermatite e as lesões de jarrete (hock burns), embora não sejam estritamente alterações esqueléticas, são importantes indicadores de comprometimento do bem-estar, uma vez que refletem o aumento do tempo em decúbito, geralmente decorrente de dor ou dificuldade de locomoção. Essas lesões são frequentemente agravadas por condições inadequadas de manejo, como a má qualidade da cama (Welfare Committee, 2005), estabelecendo um ciclo negativo em que a dor leva à imobilidade, que por sua vez intensifica as lesões.

Nesse contexto, os distúrbios locomotores não apenas afetam o desempenho produtivo, mas representam uma quebra significativa do bem-estar animal, por comprometerem múltiplas dimensões, incluindo a liberdade de dor, lesões e doenças, bem como a liberdade para expressar comportamentos naturais. Assim, o desafio atual para a genética avícola é integrar a eficiência produtiva com a saúde e o bem-estar, selecionando linhagens que mantenham altas taxas de crescimento sem comprometer a integridade esquelética (Julian, 2005).

O papel dos aditivos probióticos na sanidade e locomoção de frangos de corte

A avicultura moderna tem buscado alternativas ao uso de antibióticos como promotores de crescimento, principalmente devido às restrições internacionais relacionadas à resistência antimicrobiana e à segurança alimentar. Nesse contexto, os aditivos com fontes mais naturais surgem como alternativas sustentáveis e eficazes, capazes de otimizar a eficiência produtiva, a saúde intestinal e a qualidade dos produtos avícolas como os probióticos (Rafiq et al., 2022).

Os probióticos são definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro, principalmente por meio da modulação da microbiota intestinal, melhoria da digestibilidade dos nutrientes e estímulo do sistema imune (Yang et al., 2025). Na avicultura, seu uso tem crescido especialmente após restrições ao uso de antibióticos, sendo considerados uma alternativa sustentável para manutenção do desempenho produtivo (Kumar et al., 2025).

A relação entre probióticos e o sistema locomotor de frangos de corte está fortemente ligada ao eixo intestino–osso. A integridade intestinal favorece a absorção de nutrientes essenciais para a mineralização óssea, como cálcio e fósforo. Estudos recentes demonstram que a modulação da microbiota intestinal por probióticos melhora a digestão e absorção de nutrientes, além de reduzir processos inflamatórios, refletindo positivamente no crescimento e na qualidade óssea (Sayed et al., 2025).

Diversos trabalhos têm evidenciado efeitos diretos dos probióticos na saúde óssea, como o do Mohammed et al. (2020), onde a suplementação com *Bacillus subtilis*, por exemplo, promoveu aumento da massa óssea, melhorando parâmetros físicos da tíbia e maior concentração de minerais no sangue, indicando melhor mineralização e resistência óssea.

Outro ponto relevante é o efeito dos probióticos em condições de estresse, como o estresse térmico, comum em sistemas intensivos. Nessas situações, há prejuízos na integridade intestinal e aumento da permeabilidade, comprometendo a absorção de nutrientes e a saúde óssea, segundo Jiang et al. (2021) indicam que probióticos à base são capazes de mitigar esses efeitos, melhorando tanto a imunidade quanto a saúde esquelética das aves.

Além disso, pesquisas recentes têm demonstrado que diferentes cepas probióticas, como *Lactobacillus acidophilus* e *Brevibacillus laterosporus*, promovem melhorias no desempenho produtivo, na resposta imune e na saúde intestinal, fatores que indiretamente contribuem para o desenvolvimento adequado do sistema locomotor (Fei et al., 2026; Liu et al., 2025). A melhora da morfologia intestinal e da microbiota reduz a incidência de disbiose, favorecendo a absorção de minerais essenciais à formação óssea.

Segundo Soltan et al. (2024), indicam que a suplementação com probióticos pode modular a expressão gênica relacionada ao metabolismo e à saúde intestinal, além de melhorar a qualidade da cama e reduzir fatores predisponentes a lesões locomotoras. Esses efeitos são particularmente importantes em sistemas intensivos, onde a alta densidade e o rápido ganho de peso aumentam a pressão sobre o sistema esquelético.

Portanto, os probióticos desempenham papel multifatorial na melhoria do sistema locomotor de frangos de corte, atuando principalmente por meio da modulação da microbiota intestinal, aumento da absorção de nutrientes, melhora da resposta imune e redução de fatores de estresse. Apesar dos avanços, ainda são necessários mais

estudos para determinar as cepas mais eficazes, doses ideais e interações com outros aditivos nutricionais.

Enriquecimento ambiental

O enriquecimento ambiental tem se destacado como uma prática estratégica para promover o bem-estar de aves em sistemas de produção intensiva. Essa abordagem consiste na adição de estímulos físicos, sensoriais ou estruturais ao ambiente das aves, com o objetivo de incentivar comportamentos naturais, como forrageamento, arranhamento, banho de areia e uso de poleiros, reduzindo o medo, o estresse e comportamentos prejudiciais, como a bicagem de penas (Jones, 2001; Xu, et al., 2022).

No caso dos frangos de corte, estudos indicam que ambientes enriquecidos com turfa, fardos de feno e plataformas elevadas aumentam significativamente comportamentos naturais, como correr, sacudir o corpo, abrir as asas, arranhar no chão e tomar banho de areia. Além disso, o enriquecimento ambiental contribui para a redução da claudicação, evidenciando benefícios para a saúde das patas e locomoção (Vasdal, et al., 2019).

O uso de diferentes ferramentas de enriquecimento (incluindo poleiros, espelhos, bolas e materiais para banho de areia) promove melhoria no bem-estar e comportamento das aves, sem comprometer o ganho de peso. Tais ferramentas também ajudam na redução de lesões nos dedos e dermatite plantar, e contribuem para uma melhor conversão alimentar ao reduzir o consumo de ração (Ghani, et al., 2025).

Uma revisão recente indica que o enriquecimento ambiental aumenta a atividade geral das aves, reduz problemas nas pernas e promove a expressão de comportamentos naturais. No entanto, ainda existem lacunas de conhecimento sobre sua aplicabilidade em sistemas comerciais, aspectos econômicos e operacionais, além da interação com fatores como densidade, iluminação e genótipo das aves (Riber, et al., 2018).

Dessa forma, o enriquecimento ambiental configura-se como uma ferramenta promissora para promover o comportamento natural e o bem-estar das aves, com benefícios comprovados na saúde, no comportamento e na eficiência produtiva. Ainda assim, é necessária a realização de estudos mais aprofundados, especialmente voltados à aplicação prática em diferentes sistemas de produção, considerando fatores econômicos, genéticos e operacionais.

Tipos de enriquecimentos ambientais

O Enriquecimento Ambiental (EA) visa melhorar o bem-estar dos frangos de corte, proporcionando um ambiente mais complexo e estimulante que lhes permite expressar uma gama mais ampla de comportamentos naturais (Korver, 2023). A classificação do EA é comumente dividida em tipos que focam em diferentes aspectos sensoriais e comportamentais do animal.

Enriquecimento Físico/Estrutural: Este tipo envolve a modificação da estrutura física do galpão para criar um ambiente tridimensional. O objetivo é incentivar o uso do espaço vertical e promover o exercício, o que é crucial para a saúde locomotora. Introdução de elementos permanentes ou semi-permanentes que alteram a superfície plana do piso, como elementos horizontais elevados que as aves podem saltar e empoleirar. O uso de poleiros tem sido associado a uma melhora na resistência óssea da tíbia e a uma redução na prevalência de claudicação (Kaukonen et al., 2017). E estruturas elevadas que servem como locais de descanso e observação, estimulando o movimento vertical (Riber et al., 2018). A implementação de poleiros e plataformas é um dos métodos mais estudados, mostrando que o estímulo mecânico induzido pelo salto e pelo equilíbrio leva a ossos mais fortes, sendo um contraponto aos desafios locomotores da genética moderna (Jacobs et al., 2023).

Enriquecimento Alimentar (*Foraging*): O objetivo é prolongar o tempo que a ave gasta procurando alimento, imitando o comportamento natural de forrageamento e exploração que frangos selvagens e tradicionais exibem. Tornar o processo de alimentação mais desafiador ou fornecer alimentos que exigem mais tempo para serem consumidos. Espalhar material de forragem na cama para que as aves biquem e arranhem. Esse comportamento exploratório ajuda a reduzir o tédio e comportamentos agonísticos (Riber et al., 2018). Alimentos volumosos (ex: couve, repolho e feno) pendurados, que as aves precisam se esticar e bicar para consumir, promovendo o movimento e a exploração (Korver, 2023). Estudos confirmam que o EA de forrageamento pode aumentar a atividade locomotora geral no galpão, pois as aves passam mais tempo em pé e se movendo (Riber et al., 2018).

Enriquecimento Sensorial: Este tipo visa estimular os sentidos das aves (visão, audição e tato), fornecendo novidade e variação ao ambiente monótono do aviário. Introdução de estímulos que afetam a percepção do animal. Blocos para bicar, correntes penduradas ou materiais de cores diferentes. Aves demonstram preferência por bicar e

interagir com objetos que apresentam contraste visual e textura (Korver, 2023). Uma cama de boa qualidade (seca e profunda) é um enriquecimento tátil e sensorial vital, pois estimula o comportamento de banho de poeira (*dust-bathing*) e exploração, essenciais para o bem-estar e intimamente ligados à prevenção da pododermatite (Riber et al., 2018). A variação sensorial e a novidade são ferramentas para reduzir o medo e o estresse nas aves, melhorando o bem-estar geral.

Enriquecimento Social: Embora a maioria dos frangos de corte seja mantida em grandes grupos, o enriquecimento social visa promover interações sociais positivas e reduzir o estresse de grupo. Alterações no ambiente ou manejo que facilitam interações sociais específicas. Em ambientes experimentais, o contato com aves mais velhas ou de crescimento mais lento pode influenciar positivamente o comportamento social e a exploração (embora limitado em escala comercial devido à biossegurança). O fator social mais importante na avicultura comercial é a densidade populacional. Reduções na densidade são o método mais eficaz de enriquecimento social, pois reduzem a competição e o estresse por espaço, promovendo a mobilidade e o acesso aos recursos (Korver, 2023). A alta densidade tem sido consistentemente associada ao aumento do estresse e à redução do tempo de caminhada (e, conseqüentemente, piora nos escores de marcha), provando que o espaço adequado e um enriquecimento social e físico são fundamentais (Yang et al., 2023).

Enriquecimento Cognitivo: Este tipo é o mais complexo e menos diretamente estudado em frangos de corte, pois se concentra em fornecer oportunidades para o aprendizado, a resolução de problemas e o desafio mental. Introdução de tarefas ou desafios que exijam esforço mental e tomada de decisão. Mudar a localização dos enriquecedores ou usar alimentadores que requerem uma pequena "operação" (como um pedal) para liberar a comida pode estimular a aprendizagem e a flexibilidade comportamental. A introdução de barreiras que as aves precisam contornar para acessar água ou alimento estimula a exploração e a memória espacial. Embora a pesquisa seja limitada, o enriquecimento estrutural (poleiros) atua como um enriquecimento cognitivo, pois as aves devem aprender a manobrar e julgar a distância para usá-lo, sendo que a sua utilização bem-sucedida fornece um reforço positivo (Korver, 2023).

Interação e Manejo Integrado: melhoradores de desempenho, enriquecimento ambiental e saúde locomotora

A abordagem mais eficaz para a saúde e o bem-estar dos frangos de corte não reside em soluções isoladas, mas sim na integração sinérgica de manejo nutricional (melhoradores de desempenho) e manejo ambiental (enriquecimento ambiental). Essa combinação visa simultaneamente a otimização interna (saúde intestinal e absorção de nutrientes) e a estimulação externa (atividade física e bem-estar comportamental) (Kang, et al., 2024).

O manejo integrado reconhece que a saúde locomotora é o ponto de convergência de três fatores críticos: Nutrição funcional (melhoradores), que garante a base fisiológica e nutricional para o crescimento ósseo e muscular; genética/crescimento, que define o potencial e os desafios inerentes do animal; e o ambiente (enriquecimento), que oferece as condições necessárias para a expressão comportamental, reduz o estresse e estimula a atividade física benéfica (Liu et al., 2023).

A combinação dessas estratégias permite que as aves de alto desempenho genético prosperem sem o sacrifício da sua saúde esquelética e bem-estar (Korver, 2023).

Aves com dietas otimizadas por melhoradores (redução da disbiose) tendem a ter uma cama mais seca (pelas fezes mais firmes), o que reduz a Pododermatite (um problema de pele) e, conseqüentemente, incentiva a ave a se mover e usar os recursos de enriquecimento (Kumar et al., 2025).

A implementação do manejo integrado não é isenta de desafios, especialmente em sistemas de alta densidade. A inclusão de elementos como poleiros ou fardos de palha representa um custo inicial e operacional. No entanto, deve ser equilibrado com a redução de perdas por mortalidade e condenações (devido a claudicação ou celulite), tornando-se um investimento (Riber et al., 2018).

O manejo integrado depende cada vez mais de tecnologias para avaliar a eficácia das intervenções. O uso de sistemas de visão computacional e sensores tem sido estudado para monitorar objetivamente o uso dos recursos de enriquecimento e o padrão de marcha dos frangos (Yang et al., 2023). Isso permite ajustar o programa nutricional ou ambiental em tempo real, garantindo que as aves estejam ativas e que os problemas locomotores sejam detectados precocemente.

O desenvolvimento de melhoradores de desempenho mais específicos (aditivos que visam diretamente a matriz óssea ou o metabolismo de colágeno) continuará a

fornecer ferramentas nutricionais poderosas para o manejo da saúde locomotora em conjunto com o enriquecimento.

A abordagem de manejo integrado é a direção da avicultura sustentável, onde o alto desempenho é alcançado por meio da saúde holística e do bem-estar aprimorado das aves.

3. OBJETIVOS

Objetivos Gerais

Avaliar os efeitos isolados e combinados dos aditivos melhoradores de desempenho (controle negativo, antibiótico e probiótico) e do enriquecimento ambiental sobre a saúde locomotora de frangos de corte.

Objetivos Específicos

- Quantificar distúrbios locomotores por tratamento;
- Avaliar qualidade óssea (tíbia/fêmur);
- Mensurar atividade locomotora;
- Testar a interação fatorial entre tipo de melhorador (controle vs. antibiótico vs. probiótico) e enriquecimento (com vs. sem) em todos os desfechos locomotores.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2025**. (2025). São Paulo: ABPA, 67 p. Disponível em < <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2025/04/ABPA.-Relatorio-Anual-2025.pdf>>. Acesso em: 26 de agosto de 2025.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2024**. (2024). São Paulo: ABPA, 77 p. Disponível em: < https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2025.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Projeções da produção de carnes no Brasil – 2025**. (2025). Brasília: GOV. Disponível em: < <https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-carnes-se-mantem-acima-de-31-milhoes-de-toneladas-em-2025>> Acesso em: 26 de agosto de 2025.

- FAMASUL. Boletim Avicultura – economia e mercado. (2025) 10 ed. **Campo Grande:Sistema Famasul**, 30 p. Disponível em: <<https://portal.sistemapamasul.com.br/sites/default/files/boletimcasapdf/Boletim%20AVICULTURA%20-%20ED.10%20-%20MAIO.2025.2.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2025.
- Fei, L., Cao, Y., Yin, N., Zhang, M., Zeng, Y., Zhang, D., Ni, X., Pan, K., Yang, J. (2025). A probiotic *Brevibacillus laterosporus* promotes chicken growth performance immunity and gut health. **Scientific Reports**, 10:1038.
- Fodor, I., Taghavi, M., Ellen, E.D., Van Der Sluis, M. (2025). Top-view characterization of broiler walking ability and leg health using computer vision. **Poultry Science**, 104:104724.
- Ghani, A., Mehmood, S., Hussnain, F., Saima. (2025). Effects of different environmental enrichment tools to improve behavior, welfare, and growth performance of broiler chickens. **Tropical Animal Health and Production**, 57: 33.
- Guimarães, A.F., da Silva Santos, T.L., Rocha, P., José, L. (2025). Bem-estar e enriquecimento ambiental na criação de aves de produção – uma revisão. **Revista Agrária Acadêmica**, 8:85-99.
- Hussain, M., Aizpurua, O., Rozas, A.P., Paríz, N., Guivernau, M., Jofré, A., Tous, N., Ng'ang'a, Z.W., Alberdi, A., Rodríguez-Gallego, E., Kogut, M.H., Tarradas, J. (2025). Positive impact of early-probiotic administration on performance parameters, intestinal health and microbiota populations in broiler chickens. **Poultry Science**. 10:1016
- IBGE. **Produção Agropecuária – Mato Grosso do Sul (PAM/PPM)**. (2025). Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ms>>. Acesso em: 3 set. 2025.
- Jacobs, L., Blatchford, R.A., Jong, I.C., Erasmus, M., Levengood, S., Newberry, R.C., Regmi, P., Riber, P., Weimer, S.L. (2023). Enhancing their quality of life: environmental enrichment for poultry. **Poultry Science**, 10:2233.
- Jiang, S., Yan, F.F., Hu, J.Y., Mohammed, A., Cheng, H.W. (2021). *Bacillus subtilis*-Based Probiotic Improves Skeletal Health and Immunity in Broiler Chickens Exposed to Heat Stress. **Animals**, 10:3390
- Jones, R.B. (2001). Environmental enrichment for poultry welfare. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry Occasional Publication**, 28:125-131.
- Julian, R.J. (2005). Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry--a review. **Veterinary Journal**, 10:1016.
- Kang, S.W., Christensen, K.D., Kidd Jr., M.T., Orlowski, S.K. 2024. Effects of Environmental Enrichments on Welfare and Hepatic Metabolic Regulation of Broiler Chickens. **Animals**. 10:3390.

- Kapell, D.N.R.G., Duggan, B., Avendaño, S., Burnside, T.A., Neeteson-van Nieuwenhoven, A.M. (2025). Genetics of gait score in broilers: Genetic parameters of gait score in purebred broiler lines. **Poultry Science**, 104:105070.
- Kaukonen, E., Norring, M., Valros, A. (2017). Perches and elevated platforms in commercial broiler farms: use and effect on walking ability, incidence of tibial dyschondroplasia and bone mineral content. **Animals**, 10:1017.
- Knowles, T.G., Kestin, S.C., Haslam, S.M., Brown, S.N., Green, L.E., Butterworth, A., Pode, S.J., Pfeiffer, D., Nicol, C.J. (2008). Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. **PloS one**, 3:e1545.
- Korver, D. (2023). Review: Current challenges in poultry nutrition, health, and welfare. **Animals**, 10:0755.
- Kumar, H., Bhardwaj, I., Nepovimova, E., Dhanjal, D.S., Shaikh, S.S., Knop, R., Atuahene, D., Shaikh, A.M., Béla, K. (2025). Revolutionising broiler nutrition: The role of probiotics, fermented products, and paraprobiotics in functional feeds. **Journal of Agriculture and Food Research**, 21:101859.
- Liu, J., Gu, H., Jia, R., Li, S., Chen, Z., Zheng, A., Chang, W., Liu, G. (2025). Effects of *Lactobacillus acidophilus* on production performance and immunity of broiler chickens and their mechanism. **Frontiers**, 10:3389.
- Liu, K.L., He, Y.F., Xu, B.W., Lin, L.X., Chen, P., Iqbal, M.K., Mehmood, K., Huang, S.C. (2023). Leg disorders in broiler chickens: a review of current knowledge. **Animal biotechnology**, 34:5124-5138.
- McNamee, P. T., e Smyth, J. A. (2000). Bacterial chondronecrosis with osteomyelitis (BCO) and osteomyelitis in poultry. **Poultry Science**, 79(11), 1493–1498.
- Mohammed, A.A., Zaki., R.S., Negm, E.A., Mahmoud, M.A., Cheng, H.W. (2020). Effects of dietary supplementation of a probiotic (*Bacillus subtilis*) on bone mass and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, 10:1016.
- Naeem, M., Bourassa, D. (2025). Probiotics in Poultry: Unlocking Productivity Through Microbiome Modulation and Gut Health. **Microorganisms**, 13:257.
- Oltenu, P. e Broom, D.M. (2010). The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. **Animal Welfare**, 10:1017.
- Rafiq, K., Tofazzal Hossain, M., Ahmed, R., Hasan, M.M., Islam, R., Hossen, M.I., Shaha, S.N., Islam, M.R. (2022). Role of Different Growth Enhancers as Alternative to In-feed Antibiotics in Poultry Industry. **Frontiers in Veterinary Science**, 8:794588.
- Rath, N.C., Huff, G.R., Huff, W.E., Balog, J.M. (2000). Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poultry Science**, 10:1093.

Riber, A.B., Van De Weerd, H.A., De Jong, I.C., Steinfeldt, S. (2018). Review of environmental enrichment for broiler chickens. **Poultry science**, 97:378-396.

Sans, E.C.D.O., Federici, J.F., Hammerschmidt, J., Clemente, H.C., Dahlke, F., Molento, C.F.M. (2014) Environmental enrichment on the welfare of industrial broiler chickens. **Ciência Rural**, 44::1867-1873.

Santin, R. (2025). Panorama e perspectivas sobre a avicultura e suinocultura. In: **Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Aves e Suínos/ MAPA**. Brasília: MAPA, 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/aves-e-suinos/2025/59a-ro-20-03-2025/mercado-da-carne-de-aves-e-suinos.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2025.

Santos, R.L., Nunes, V.A., Baião, N.C. (2002). Pododermatite de contato em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 54:655-658.

Sayed, Y., Hassan, M., Salem, H.M., Al-Amry, K., Eid, G. (2025). Probiotics/prebiotics effect on chicken gut microbiota and immunity in relation to heat-stress and climate-change mitigation. **Journal of Thermal Biology**, 10:4097.

Sharma, S., Seekatz, A., Alizadeh, M., Hassan, H., Yitbarek, A., Pratt, S., Abdelaziz, K. (2026). Early-life supplementation of poultry-derived lactobacilli drives microbial succession and gut immune modulation in broiler chickens. **Scientific Reports**, 10:1038

Silva, M.I.L. (2020) **Frangos de corte alojados em ambiente enriquecido: viabilidade econômica e impactos no bem-estar e produtividade**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Unesp, Botucatu.

Šimunović, K., Rezar, V., Štefanič, P., Lipoglavšek, L., Fenedl, L., Krapež, U., Pirman, T., Avguštin, G., Salobir, J., Rojs, O.Z., Mulec, I.M. (2025). Probiotic effect of *B. subtilis* PS-216 in broiler chickens: modulation of weight, feed conversion, short chain fatty acids, microbiota and meat quality. **Animal Microbiome**, 10:1186

Soltan, M.S., Shewita, R.S., Matroud, O.A., Alkeridis, L.A., Sayed, S., Shukry, M., El-Shobokshy, S.A. (2024). Lignocellulose and probiotic supplementation in broiler chicken diet: effect on growth performance, digestive health, litter quality, and genes expression. **Poultry Science**, 10:1016.

Tallentire, C.W., Leinonen, I., Kyriazakis, I. 2016. Breeding for efficiency in the broiler chicken: A review. **Agron. Sustain. Dev.** 10:1007.
USDA – United States Department of Agriculture. **Poultry and Products Semi-annual Report: Brazil 2025**. (2025). Washington:USDA, 31 p.

Vasdal, G., Vas, J., Newberry, R.C., Moe, R.O. (2019). Effects of environmental enrichment on activity and lameness in commercial broiler production. **Journal of Applied Animal Welfare Science**, 22:197-205.

Welfare Committee of the Federation of Veterinarians of Europe. (2005). The welfare of broiler chickens. **The Veterinary Journal**, 159(1), 5–18.

Xu, D., Shu, G., Liu, Y., Qin, P., Zheng, Y., Tian, Y., Zhao, X., Du, X. (2022). Farm environmental enrichments improve the welfare of layer chicks and pullets: A comprehensive review. **Animals**, 12:2610.

Yang, X., Bist, R.B., Subedi, S., Guo, Y., Chai, L. (2025). The Application of Probiotics and Prebiotics in Poultry Production and Impacts on Environment: A Review. **Encyclopedia**, 10:3390.

Yang, X., Zhao, Y., Gan, H., Hawkins, S., Eckellamp, L., Prado, M., Burnis, R., Purswell, J., Tabler, T. (2023). Modeling gait score of broiler chicken via production and behavioral data. **Animal**, 10:0692.

CAPÍTULO 2

Avaliação multifatorial da saúde locomotora e do bem-estar em frangos de corte: interação entre enriquecimento ambiental e aditivos moduladores de desempenho

Projeto aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Grande Dourados (CEUA/UFGD) sob o protocolo de nº 38.2022.

Capítulo redigido conforme normas de submissão da Revista Brasileira de Zootecnia, ISSN:1516-3598 (*online*), Fator de Impacto 2024- JRCC Clarivate: 1.2, Percentil SCOPUS:46%, CiteScore 2024- SCOPUS: 1,7, Qualis CAPES (2021-2024) Zootecnia e Recursos Pesqueiros: A3

Avaliação multifatorial da saúde locomotora e do bem-estar em frangos de corte: interação entre enriquecimento ambiental e aditivos moduladores de desempenho

RESUMO: A avicultura de corte enfrenta o desafio de otimizar o bem-estar animal frente ao rápido crescimento genético, sendo a saúde locomotora e as lesões de pata fatores limitantes. O antibiótico (AMD) e o probiótico (PROB) representam estratégias dietéticas contrastantes para a saúde intestinal, enquanto o enriquecimento ambiental (EA) é uma ferramenta de manejo para o desenvolvimento físico. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes combinações desses aditivos (AMD e PROB), com e sem EA, sobre indicadores-chave de bem-estar em frangos de corte. Foram utilizados 1.440 pintainhos machos Ross TM4® em um aviário experimental, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 2 (dietas: controle, AMD, PRO x presença ou ausência de EA), e oito repetições. O enriquecimento incluiu uma rampa plástica e objetos rotacionados como espelhos, feno, bola metálica preenchida por feno, correntes, fitas metalizadas e bolas coloridas. Foram avaliados parâmetros do sistema locomotor, como *gait score*, incidência de pododermatite, valgus/varus e *latency to lie*. As análises do sistema locomotor revelaram que os grupos suplementados com AMD (com ou sem EA) obtiveram os melhores resultados na maioria dos parâmetros. Os grupos com PROB demonstraram escores e valores estatisticamente semelhantes aos grupos AMD. Os achados indicam que tanto a supressão microbiana mediada pelo AMD quanto a modulação intestinal e otimização da absorção de nutriente es promovida pelo PROB são eficazes na mitigação dos distúrbios locomotores. A equivalência de resultados entre AMD e PROB valida a viabilidade do probiótico como alternativa sustentável e eficaz para a manutenção da saúde locomotora em sistemas de produção que buscam reduzir a dependência de antimicrobianos.

Palavras-chave: Aditivos; Bem- Estar; *Gait Score*; Probiótico; Saúde Locomotora.

INTRODUÇÃO

A avicultura moderna tem buscado alternativas ao uso de antibióticos como promotores de crescimento, devido às restrições internacionais ligadas à resistência antimicrobiana e à segurança alimentar. Nesse cenário, aditivos naturais surgem como alternativas sustentáveis e eficazes para otimizar a eficiência produtiva, a saúde intestinal e a qualidade dos produtos avícolas, dentre os aditivos melhoradores de desempenho destacam-se os probióticos, prebióticos, simbióticos, fitobióticos, entre outros (Rafiq et al., 2022). Os probióticos apresentam potencial para modular positivamente a microbiota intestinal, melhorar a digestibilidade e reforçar o sistema imunológico, reduzindo a incidência de doenças entéricas e favorecendo o desempenho produtivo (Markowiak e Śliżewska, 2018).

A utilização de dietas aprimoradas com aditivos que favorecem o equilíbrio da microbiota intestinal tende a reduzir a disbiose, resultando em fezes mais consistentes

e, consequentemente, em uma cama mais seca. Essa condição contribui para a diminuição da pododermatite, uma afecção cutânea, e favorece a maior movimentação das aves, estimulando o uso de recursos de enriquecimento ambiental (Kumar et al., 2025).

Todavia o desenvolvimento dos frangos de corte é resultado evidente do processo de intensa seleção genética, entretanto, devido ao rápido desenvolvimento desses animais, a integridade dos membros locomotores é comprometida, resultando no aumento da incidência de distúrbios como claudicação e dificuldade de locomoção (Knowles, 2008).

Diante disso, o enriquecimento ambiental tem sido um importante aliado como prática estratégica capaz de promover o bem-estar em sistemas intensivos de produção com a adição de estímulos físicos, sensoriais e estruturais que incentivam os comportamentos naturais (Jones, 2001; Xu et al., 2022). Outros recursos, como poleiros, espelhos, bolas e materiais para banho de areia, também favorecem o bem-estar sem comprometer o ganho de peso, diminuindo lesões nos dedos, dermatite plantar e consumo excessivo de ração, o que contribui para melhor conversão alimentar (Ghani, 2025). Segundo Blatchford et al. (2012) e Ohara et al. (2015), fornecer enriquecimento ambiental é uma estratégia potencial para aumentar a atividade do animal e gerar efeitos positivos na claudicação e dermatite nas patas.

Esse quadro está relacionado à conformação corporal das aves e ao deslocamento do centro de gravidade decorrente do rápido desenvolvimento da musculatura peitoral, o que modifica o padrão de marcha e resulta em passos mais curtos, aumento do tempo de contato dos pés com o solo e ampliação da base de suporte, características que evidenciam uma adaptação compensatória, porém energeticamente ineficiente (Corr, 2003).

Diante disso, considerando a forte inter-relação entre a saúde intestinal, a eficiência na utilização de nutrientes e o desenvolvimento musculoesquelético, assim como o papel da atividade física na manutenção da integridade óssea e articular, destaca-se a importância de investigar estratégias integradas que combinem nutrição e manejo. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a interação entre aditivos melhoradores de desempenho (antibiótico e probiótico), associados ou não ao enriquecimento ambiental, a fim de compreender como essas intervenções influenciam

a saúde dos membros locomotores de frangos de corte em sistemas intensivos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição animal e unidades experimentais

Todos os procedimentos em animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil (protocolo n.º 38.2022/CEUA).

Foram utilizados 1.440 pintainhos de corte machos, Ross TM4®, de 1 dia de idade, provenientes de incubatório comercial e vacinados contra a doença de Marek. Os frangos foram distribuídos aleatoriamente em 48 boxes, com 30 animais em cada box, alojados em um aviário experimental (50 × 10 m) da Universidade Federal da Grande Dourados, com ventilação em pressão negativa contendo boxes de 4,5 m² com bebedouro pendular, comedouro tubular e maravalha como cama. O aquecimento inicial foi realizado através de lâmpadas infravermelhas de 250W para cada box. O programa de luz adotado foi intermitente, ou seja, um sistema de manejo luminotécnico em que o período diário de iluminação não é contínuo, mas dividido em blocos alternados de luz e escuro ao longo de 24 horas, seguindo o manual de manejo de frangos de corte da linhagem, com intensidade luminosa de 22 lúmens por m². As rações experimentais foram fornecidas *ad libitum* e formuladas de acordo com a fase produtiva, considerando as fases pré-inicial, inicial, crescimento e final para frangos de corte de forma a atender as recomendações nutricionais descritas por Rostagno et al. (2017). As demais práticas adotadas no manejo das aves foram de acordo com as recomendações obtidas do manual da linhagem Ross.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 3×2. Neste experimento, os fatores foram aditivos (antibiótico vs probiótico vs controle negativo) e enriquecimento ambiental (com enriquecimento vs sem enriquecimento), totalizando 6 tratamentos com 8 repetições cada:

T1- Controle Negativo: Aves alimentadas com ração sem adição de aditivos melhoradores de desempenho e sem enriquecimento ambiental;

T2- Ração controle com Enriquecimento: Aves alimentadas com ração sem adição de aditivos melhoradores de desempenho (antibiótico ou probiótico) e com enriquecimento ambiental;

T3- Antibiótico sem Enriquecimento: Aves alimentadas com ração com aditivos melhoradores de desempenho (antibiótico), sem enriquecimento ambiental;

T4- Antibiótico com Enriquecimento: Aves alimentadas com ração aditivos melhoradores de desempenho (antibiótico), com enriquecimento ambiental;

T5- Probiótico sem Enriquecimento: Aves alimentadas com ração com probióticos, sem enriquecimento ambiental;

T6- Probiótico com Enriquecimento: Aves alimentadas com ração com probióticos, com enriquecimento ambiental.

O antimicrobiano utilizado foi Bacitracina de Zinco na dosagem recomendada pelo fabricante. O probiótico utilizado foi um *blend* comercial composto de cepas dos gêneros: *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus* e *Lactobacillus*. Enriquecimento ambiental consistiu em uma combinação entre enriquecimentos permanentes e temporários.

O enriquecimento permanente foi uma rampa plástica construída de piso vazado (Figura 1). Onde seis enriquecimentos temporários foram rotacionados a cada três dias, todos os boxes de números pares recebiam o mesmo enriquecimento ao mesmo tempo. E boxes ímpares não continham enriquecimento. Esses enriquecimentos incluíram:

Grupo 1: Fitas metálicas na altura dos animais + espelhos (Figura 2);

Grupo 2: Corrente de ferro pendurada na altura dos animais + feno de alfafa fornecido em bolas de metal com aberturas (Figura 3);

Grupo 3: Feno de alfafa pendurado na altura dos animais + bolinhas coloridas (Figura 4).

Figura 1: Enriquecimento permanente, rampa plástica construída de piso vazado.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 2: Grupo 1: Fitas metálicas na altura dos animais + espelhos.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 3: Grupo 2: Feno de alfafa fornecido em bolas de metal com aberturas + corrente de ferro pendurada na altura dos animais.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 4: Grupo 3: Feno de alfafa pendurado na altura dos animais + bolinhas coloridas.



Fonte: Acervo Pessoal.

Análises estatísticas e quantitativas

Os dados de *latency to lie* e densitometria óssea foram avaliados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk e homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Assim, foi realizada uma análise de variância utilizando o PROC MIXED do SAS (2014). Os modelos estatísticos incluíram o tipo de aditivo utilizado o enriquecimento ambiental e suas interações. O efeito de animal, aninhado dentro de cada tratamento, incluído como fator aleatório em todos os modelos (comando RANDOM). Quando significativas as interações foram desdobradas, tendo suas médias comparadas pelo teste de Tukey. Quando não houve interações as médias dos efeitos principais foram comparadas usando o mesmo teste.

Os dados obtidos para avaliações locomotoras e miopatias foram dados de scores, portanto, esses dados não têm distribuição normal. Assim, utilizou-se a teoria de modelos lineares generalizados proposta por Nelder e Wenderburn (1972) e aplicou-se o procedimento SAS GLIMMIX (SAS, 2003). A distribuição dos dados foi LOGNORMAL, exceto para os dados de espondilolistese, em que foi utilizada a distribuição BINÁRIA. A distribuição GAMMA assume que os logaritmos dos dados são normalmente distribuídos, enquanto a distribuição BINARY assume que os resíduos têm comportamento de Poisson. A seleção das matrizes do procedimento GLIMMIX levaram em consideração o parâmetro AICC, para seu melhor ajuste aos dados.

Os modelos estatísticos incluíram o tipo de aditivo utilizado o enriquecimento ambiental e suas interações. O efeito de animal, aninhado dentro de cada tratamento, incluído como fator aleatório em todos os modelos (comando RANDOM). Quando avaliados separadamente o lado direito e esquerdo das patas dos animais, o efeito de lado foi incluído no modelo como efeito aleatório (comando RANDOM). Para comparar as médias pelo teste “lsmeans”, as “estimativas” obtidas foram utilizadas em funções de “ligação inversa” e ajustes (linhas pdiff ilink) do procedimento GLIMMIX.

A variável valgus/varus está apresentada como média do desvio do ângulo 0°, independente da direção, ou seja, quanto desviam em média do ângulo 0 de cada membro da ave. Quanto maior o valor, maior o desvio do ângulo 0, mais grave a lesão. As variáveis pododermatite e *gait score* foram avaliadas usando as estimativas geradas pelos modelos escolhidos, porém estão apresentadas nas tabelas como médias, para facilitar a compreensão, sendo quanto maior os valores, maior o grau de lesão. A variável

espondilolistese por se tratar de um dado binário, para facilidade de compreensão está expressa em número de ausências e presença da alteração em função do número de animais avaliados no grupo experimental.

DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

Espondilolistese

Aos 42 dias, 3 aves por box foram abatidas e retirados os dorsos para análise de espondilolistese. Os dorsos foram armazenados a -10°C e posteriormente serrados sagitalmente, com auxílio de serra fita comercial, a fim de se observar a coluna dos animais entre a quarta e sétima vértebras torácicas (Mendonça Júnior, 2009). Quando as vértebras se encontravam em seu eixo normal, sem compressão da medula, era atribuído o escore 0 (ausência) e quando as vértebras se encontravam comprimindo a medula vertebral, era atribuído o escore 1 (presença) (Figura 5).

Figura 5: Avaliação de espondilolistese visual. Vértebra que se encontravam comprimindo a medula vertebral, atribuindo o escore 1 (presença).



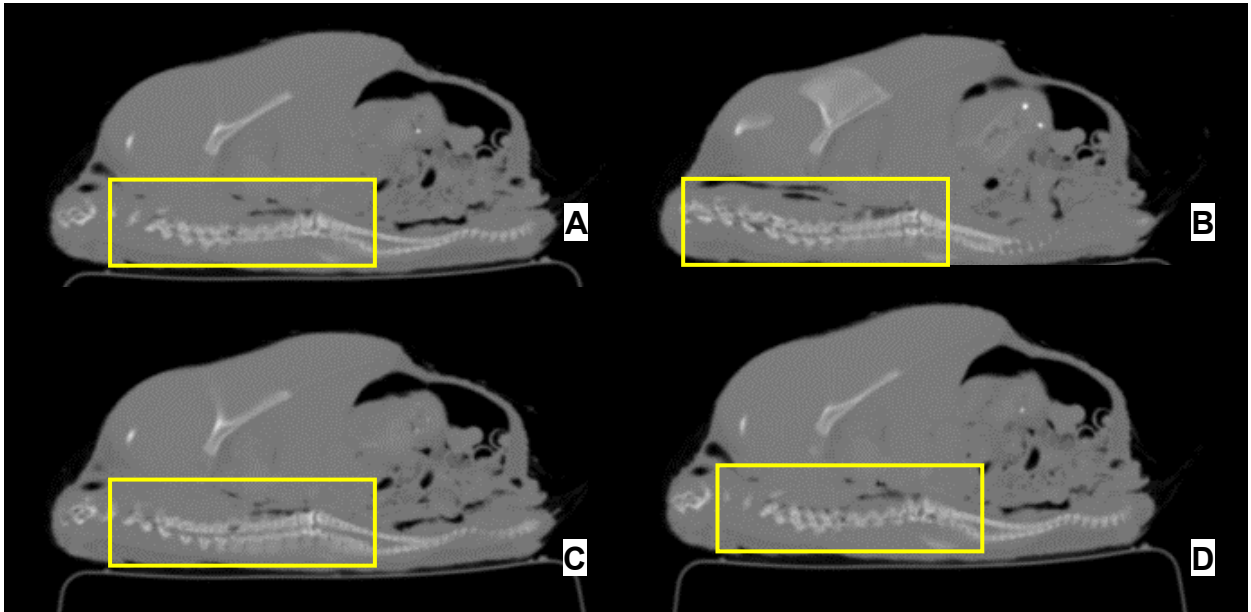
Fonte: Acervo pessoal.

Espondilolistese- tomografia computadorizada (TC)

Aos 42 dias, uma ave de cada box foi abatida e submetida à tomografia computadorizada, totalizando 48 aves. As imagens obtidas foram visualizadas através do software RadAnt DICOM Viewer, onde foi observada a coluna dos animais (Figura 6-

7), para análise de espondilolistese. Quando as vértebras se encontraram em seu eixo normal, o escore era 0 (ausência) e quando as vértebras se encontraram comprimindo a medula vertebral, escore 1 (presença).

Figura 6: Avaliação de espondilolistese com imagem obtida na TC, demonstrando a medula vertebral. Letras A, B, C, e D, informando como a imagem é vista quando se movimenta o scroll do mouse.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 7: Avaliação de espondilolistese através da TC, imagem do processo de realização da TC.



Fonte: Acervo Pessoal.

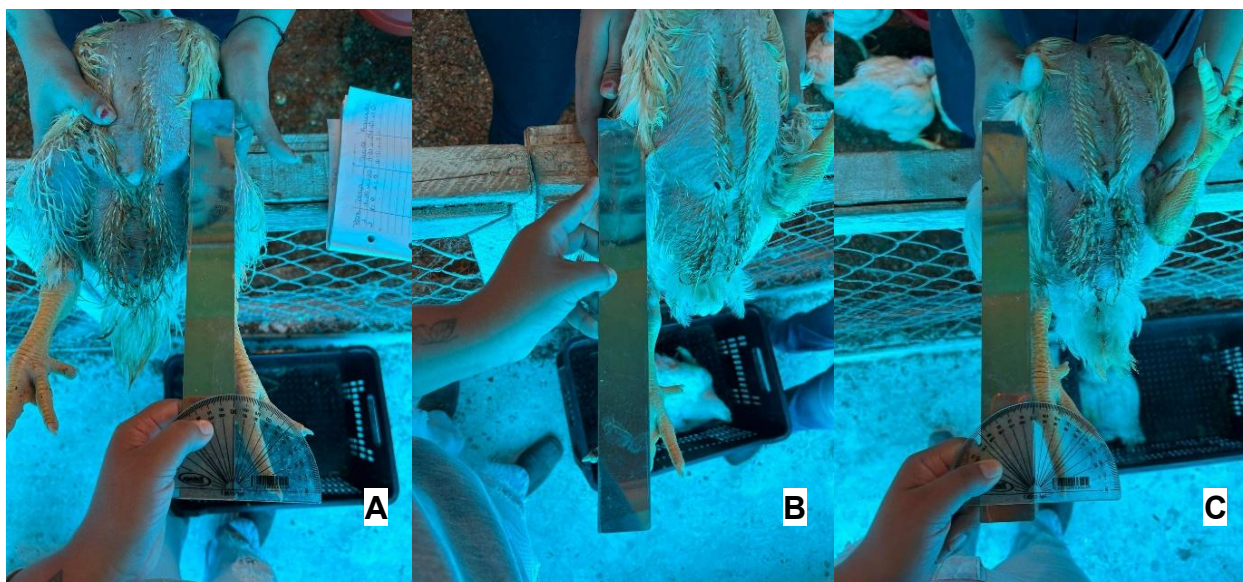
Gait score (GS)

A partir de 23 dias de idade, todas as aves foram avaliadas quanto ao *gait score*, semanalmente, onde era observado a quantidade de passos das aves e classificadas através de escores, sendo eles: de 0 a 2, sendo: 0 – ave que caminha 10 passos ininterruptos; 1 – ave com dificuldade de caminhar, dando entre seis e 10 passos ininterruptos; 2 – ave com dificuldade de caminhar, não completa seis passos ininterruptos (Dawkins et al., 2004).

Valgus e Varus (V/V)

Para a avaliação das deformidades *Valgus* e *Varus* (Figura 8), foram estimadas a angulação da tíbia com o terceiro dedo, utilizando-se de uma régua e um transferidor, conforme metodologia descrita por Almeida Paz et al. (2010).

Figura 8: Avaliação de deformidades em frangos de corte. (A) Imagem representando Valgus - A parte distal se afasta da linha média do corpo; (B) Imagem representando normalidade em seu ângulo; (C) Imagem representando a Varus - A parte distal se aproxima da linha média do corpo.

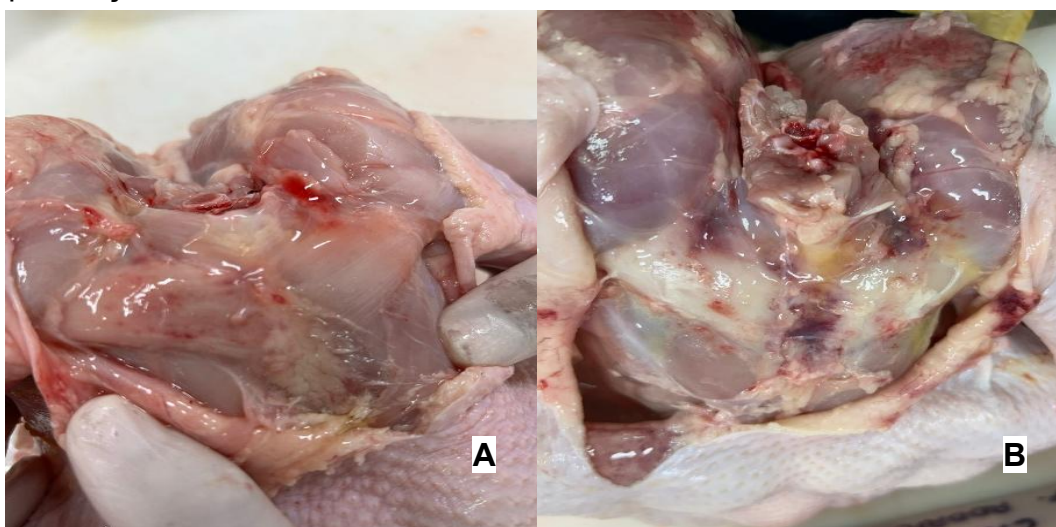


Fonte: Acervo pessoal.

Miopatia Dorso Cranial (MDC)

No final dos 42 dias (Figura 9), uma ave por box foi abatida para avaliação da miopatia dorso cranial, onde foi exposta a região do músculo anterior *latissimus dorsi*, área dorsal cranial entre base do pescoço e articulação da asa, onde foram classificadas as lesões por escore, sendo 0 - ausente; 1 - leve (área amarelada/pequena); 2 - moderada (amarelamento e fibrose parcial); 3 - severa (amarelecimento intenso, necrose e retração).

Figura 9: Avaliação de miopatia dorso cranial em frangos de corte. (A) Escore 2, presença moderada de lesão no músculo; (B) Escore 3, presença severa de lesão no músculo.



Fonte: Acervo Pessoal.

Degeneração femoral (DF)

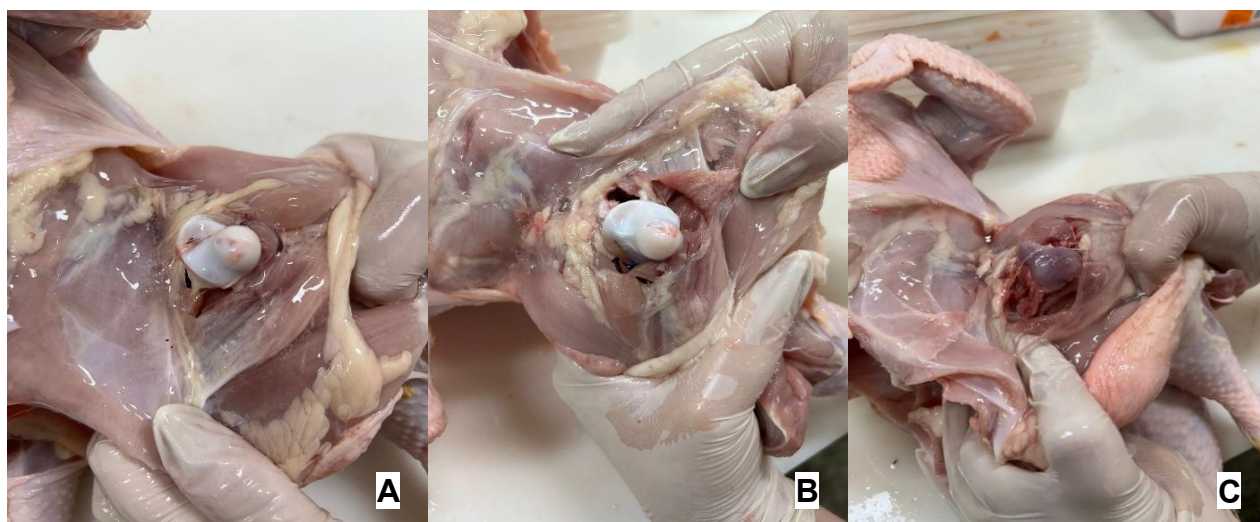
A avaliação teve por base a análise da integridade da cabeça do fêmur das pernas esquerda e direita, conforme metodologia descrita por Almeida Paz (2008). As amostras foram classificadas nos seguintes escores: 0- Total integridade da cabeça do fêmur; 1- Integridade parcial; e 2- Cartilagem inexistente (Figura 10).

Discondroplasia tibial (DT)

Foram realizadas mensuração macroscópica (Figura 11) do espessamento da cartilagem de crescimento da tíbia, fazendo uma incisão nas tíbias esquerda e direita de cada animal, conforme metodologia descrita por Almeida Paz (2008). As amostras eram

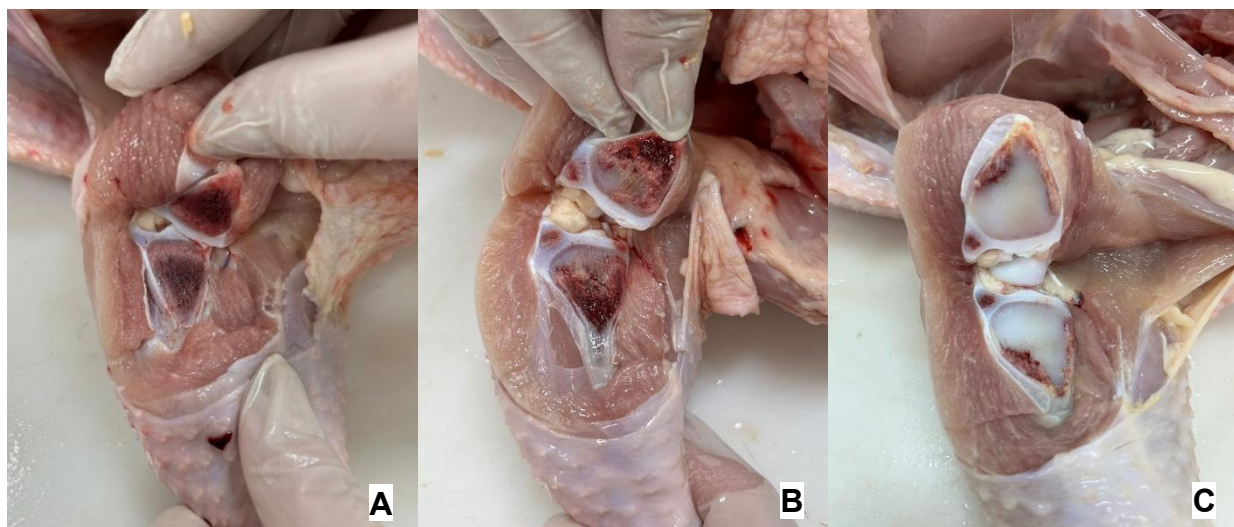
classificadas nos seguintes escores: 0 - Ossos que não apresentaram espessamento da cartilagem de crescimento (ausência de espessamento anormal da cartilagem), 1 - Tíbias com placa de crescimento com espessamento anormal da cartilagem intermediária (intervalo de 1 a 3 mm) e 2 - Tíbias com a placa de crescimento apresentando mais de 3 mm de cartilagem.

Figura 10: Avaliação de degeneração femoral em frangos de corte. (A) Integridade da cartilagem; (B) Integridade parcial da cartilagem; (C) Cartilagem inexistente.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 11: Avaliação de discondroplasia tibial em frangos de corte. (A) Ausência de espessamento anormal da cartilagem; (B) Tíbia com placa de crescimento intermediária; (C) Tíbia com a placa de crescimento apresentando mais de 3 mm de cartilagem.

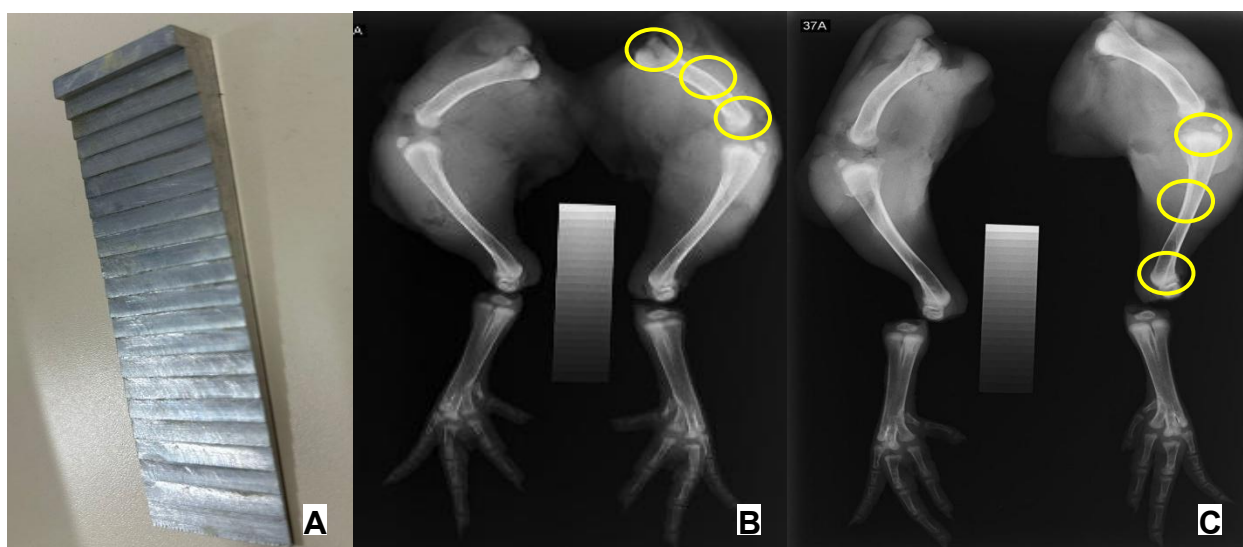


Fonte: Acervo Pessoal.

Densitometria óssea (DO)

Ao final do período de 42 dias, uma ave por box foi abatida para coleta das pernas, totalizando 48 aves, onde posteriormente foram submetidas ao raio-x, para radiografar fêmur e tíbia, juntamente com uma escada de alumínio contendo 22 degraus, com valor inicial de 0,85 milímetros e com o valor máximo de 9,45 milímetros (Figura 12). A análise de densitometria óssea foi realizada com o auxílio do software ImageJ, onde as imagens do fêmur e tíbia foram divididas em três quadrantes para avaliar melhor o local de ganho ou perda óssea. No fêmur: Quadrante 1 (Epífise proximal); Quadrante 2 (Diáfise); e Quadrante 3 (Epífise Distal). Na tíbia: Quadrante 1 (Extremidade Proximal); Quadrante 2 (Diáfise); e Quadrante 3 (Extremidade Distal).

Figura 12: Análise de densitometria óssea em frangos de corte. (A) Escada de alumínio utilizada para análise; (B) Imagem obtida pelo Raio-X demonstrando os quadrantes do fêmur; (C) Imagem obtida pelo Raio-X demonstrando os quadrantes da tíbia.



Fonte: Acervo Pessoal.

Latency to lie (LTL)

Após a realização do teste de *gait score*, as aves foram submetidas ao teste *Latency to lie*, de acordo com metodologia descrita por Almeida Paz et al. (2017). O teste foi realizado em uma amostra de 5% das aves classificadas em *gait score* 0 e em todas as aves que apresentaram *gait score* 1. Este método consiste na avaliação do tempo gasto pela ave para sentar-se quando exposta a uma situação desconfortável e

incomum à sua criação. Foi adicionado 3 cm de água a temperatura ambiente em uma caixa de vidro (75 cm de comprimento x 55 cm de largura x 30 cm de altura) com 3 aves por vez. Um cronômetro digital foi utilizado para registrar o tempo em que a ave levava até a primeira tentativa de sentar-se. Para àquelas que se mantiverem em pé após 370 segundos, o teste será interrompido.

Resistência Óssea (RO)

As tíbias e fêmures originados das pernas esquerdas das aves foram secos em estufa de ventilação forçada à 105°C por 24h (Figura 13) e então submetidos à avaliação de resistência óssea (kgf) por meio da análise de shear force, utilizando o aparelho Texture Analyser TA. XT Plus e sonda Blade Set HDP/BS, regulado com velocidade de 4 mm/s no pré-test e distância de 10 mm. Este equipamento foi adaptado para permitir o vão livre da diáfise do osso em 6,0 cm impossibilitando a influência do comprimento nos resultados.

Figura 13: Análise de resistência óssea em frangos de corte. (A) Amostras na estufa para secagem (B) Amostras depois de 24 horas dentro da estufa (C) Fêmur na shear force (D) Tíbia na shear force.



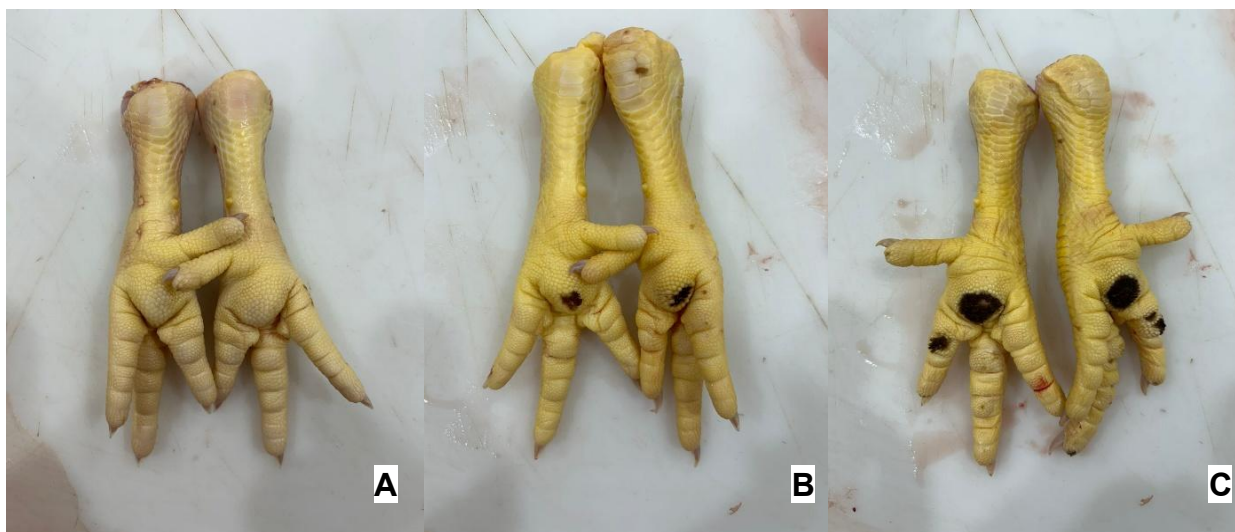
Fonte: Acervo Pessoal.

Pododermatite (PD)

As condições dos pés das aves, foram avaliadas em todas as que apresentaram *gait score* maior que 0, na última semana de criação. As mensurações consistiram em

análise das injúrias do coxim plantar das aves, conforme metodologia descrita por Almeida Paz et al. (2010). Assim, os escores foram atribuídos para integridade dos coxins, sendo 0 - coxim totalmente íntegro, 1 - lesão inicial com diâmetro de até 5 mm, desconforto intermediário e 2 - lesão extensa, diâmetro com mais de 5 mm, considerando desconforto eminente ao animal e causando redução do seu bem-estar (Figura 14).

Figura 14: Graus de pododermatite em frangos de corte. (A) Escore 0 - coxim totalmente íntegro; (B) Escore 1 - lesão inicial com diâmetro de até 5 mm; (C) Escore 2 - lesão extensa, diâmetro com mais de 5 mm.



Fonte: Acervo Pessoal.

RESULTADOS

Na tabela 1, estão representados os resultados da densitometria óssea. Observou-se que não houve interação entre os tratamentos, e não houve diferença estatística entre o uso de antibióticos e probióticos. Contudo, o enriquecimento ambiental resultou em maior densidade óssea no fêmur e na tíbia. Já nos quadrantes, os que obtiveram os melhores ganhos ósseos foram os quadrantes 2 (6,11) e 3 (6,22) no fêmur, e quadrante 1 (6,21) na tíbia.

Os resultados da discondroplasia tibial e da degeneração femoral estão representados na tabela 2. Não houve interação para a variável discondroplasia tibial, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos. Na degeneração femoral foi observado interação entre os tratamentos ($p < 0,05$). Quando avaliamos a aplicação ou não de enriquecimento ambiental, a adição de probiótico apresentou melhores resultados comparados ao uso de antibiótico e controle negativo, sendo que esses foram

semelhantes entre si. Quando avaliamos o uso de aditivos, não houve diferença estatística utilizando ou não o enriquecimento em todos os aditivos testados.

Tabela 1- Densitometria óssea no fêmur e tíbia de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.

		ADITIVOS						
	Q	COM E.A.			SEM E.A.			TOTAL
		AMD	CN	PROB	AMD	CN	PROB	
FÊMUR	1	4,98	4,92	5,14	4,85	4,79	4,63	4.88b
	2	6,21	5,99	6,38	5,89	6,05	6,11	6.11 ^a
	3	6,29	6,27	6,32	6,04	6,06	6,35	6.22 ^a
	TOTAL		5.84a			5.64b		5,73
TIBIA	1	6,10	6,42	6,40	5,90	6,14	6,30	6.21 ^a
	2	5,42	5,43	5,28	5,20	5,05	5,35	5.29b
	3	4,04	4,15	3,95	3,96	4,15	4,09	4.02c
	TOTAL		5.24a			5.10b		5,18
		PROBABILIDADES						
	SEM	ADT*E						
		ADT	ENR	Q	M	ADT*Q	ENR*Q	A*E*Q
FÊMUR	0,123	0,2607	0,0058	<0.0001	0,6128	0,8286	0,8208	0,3890
TIBIA	0,110	0,2651	0,0321	<0.0001	0,1154	0,2405	0,6118	0,9277

AMD: Antibiótico; CN: Controle Negativo; PROB: Probiótico; ADT ou A: Aditivo; ENRIQ ou E: Enriquecimento; QUAD ou Q: Quadrante. Médias seguidas de letras diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 2- Discondroplasia tibial e degeneração femoral de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.

		ENRIQUECIMENTO			EPM	P		
	ADT	COM E.A.	SEM E.A.	TOTAL		ADT	ENR	A*E
DT	AMD	0,210	0,040	0,130	0,05	0,1375	0,5387	0,1614
	CONTROLE	0,350	0,170	0,260				
	PROB	0,160	0,150	0,150				
	TOTAL	0,240	0,120	0,180				
DF	AMD	0.682Aa	0.515Aa	0,599	0,20	0,8411	0,1036	0,0463
	CONTROLE	0.562Aa	0.649Aa	0,606				
	PROB	0.409Ba	0.411Ba	0,410				
	TOTAL	0,551	0,524	0,540				

AMD: Antibiótico; CN: Controle Negativo; PROB: Probiótico; ADT ou A: Aditivo; ENRIQ ou E: Enriquecimento; EA: Enriquecimento Ambiental; P: Probabilidades; EPM: Erro Por Média. Médias seguidas de letras diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras Maiúsculas indicam diferença entre os valores da linha; Letras Minúsculas indicam diferença entre os valores da coluna.

Os resultados da leitura das imagens da tomografia e da espondilolistese visual estão representados na tabela 3, em que não foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) em ambas as análises.

Tabela 3- Espondilolistese de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental, avaliada através de tomografia computadorizada (TC) e por análise visual.

VARIÁVEL	ADT	ENRIQUECIMENTO				P		
		COM E.A.		SEM E.A.		ADT	ENR	A*E
TC	AMD	PRES. (2/ 48)	AUSE. (6/ 48)	PRES. (3/ 48)	AUSE. (5/ 48)	0,9994	0,9986	0,9993
	CONTROLE	(0/ 48)	(8/ 48)	(4/ 48)	(4/ 48)			
	PROB	(3/48)	(7/ 48)	(0/ 48)	(6/ 48)			
VISUAL	AMD	PRES. (3/ 24)	AUSE. (21/ 24)	PRES. (4/ 24)	AUSE. (20/ 24)	0,2051	0,1186	0,2354
	CONTROLE	(5/ 24)	(19/ 24)	(1/ 24)	(23/ 24)			
	PROB	(8/ 24)	(16/ 24)	(4/ 24)	(20/ 24)			

AMD: Antibiótico; CN: Controle Negativo; PROB: Probiótico; ADT ou A: Aditivo; ENRIQ ou E: Enriquecimento; EA: Enriquecimento Ambiental; P: Probabilidades.

As análises do *Latency to lie* e Valgus e Varus, estão representadas na tabela 4. Não houve interação entre os tratamentos, bem como não foi observada diferença significativa no uso dos aditivos ($p > 0,05$), tanto no ambiente com ou sem enriquecimento ambiental ($p > 0,05$).

Tabela 4- *Latency to lie* e deformidades Valgus e varus de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.

	ADT	ENRIQUECIMENTO			EPM	P		
		COM E.A.	SEM E.A.	TOTAL		ADT	ENR	A*E
LTL (seg)	AMD	94,45	107,46	100,96	1,96	0,4792	0,7703	0,6665
	CONTROLE	121,75	117,12	119,94				
	PROB	108,38	85,95	97,16				
	TOTAL	100,19	103,51	106,02				
V/V	AMD	5,00	4,58	4,79	1,17	0,8665	0,1673	0,0554
	CONTROLE	7,71	3,13	5,41				
	PROB	4,58	5,62	5,10				
	TOTAL	5,76	4,44	5,10				

AMD: Antibiótico; CN: Controle Negativo; PROB: Probiótico; ADT ou A: Aditivo; ENRIQ ou E: Enriquecimento; EA: Enriquecimento Ambiental; P: Probabilidades; EPM: Erro Por Média.

A pododermatite (Tabela 5), foi realizada em 3 dias diferentes, aos 23, 36 e 40 dias de idade das aves. Não houve interação entre os tratamentos para nenhuma das idades avaliadas. Aos 23 dias, não se obteve diferença estatística entre os tratamentos, porém nos 36 dias, os melhores valores foram observados no uso do antibiótico (0,702) seguido do probiótico (0,770). Nos 40 dias, o melhor resultado também foi obtido pelo uso do antibiótico (0,760), seguido do probiótico (0,852).

Tabela 5- Avaliação de pododermatite de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental, avaliados aos 23,36 e 40 dias de idade.

	ADT	ENRIQUECIMENTO			EPM	P		
		COM E.A.	SEM E.A.	TOTAL		ADT	ENR	A*E
23 DIAS	AMD	0,63	0,58	0,60	0,07	0,3178	0,0874	0,681
	CONTROLE	0,79	0,63	0,71				
	PROB	0,67	0,46	0,56				
	TOTAL	0,69	0,56	0,62				
36 DIAS	AMD	0,71	0,70	0,702b	0,09	0,0405	0,5121	0,9176
	CONTROLE	0,96	0,88	0,916 a				
	PROB	0,79	0,75	0,770ab				
	TOTAL	0,82	0,77	0,80				
40 DIAS	AMD	0,74	0,780	0,760b	0,07	0,0009	0,2238	0,8046
	CONTROLE	1,00	1,040	1,02 a				
	PROB	0,79	0,910	0,852b				
	TOTAL	0,84	0,91	0,88				

AMD: Antibiótico; CN: Controle Negativo; PROB: Probiótico; ADT ou A: Aditivo; ENRIQ ou E: Enriquecimento; EA: Enriquecimento Ambiental; P: Probabilidades; EPM: Erro Por Média. Médias seguidas de letras diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O *gait score* (tabela 6) assim como a pododermatite foi realizada em três idades diferentes (23, 36 e 40 dias de idade das aves). Houve interação entre os tratamentos na avaliação aos 23 dias de idade das aves. Quando avaliamos o uso de enriquecimento ambiental, quando utilizado o enriquecimento ambiental, o uso de antibiótico apresentou melhor valor, e foi semelhante estatisticamente ao uso de probiótico. O controle negativo apresentou o pior valor, não diferindo estatisticamente do uso de probiótico. Sem o uso de enriquecimento, não houve diferença estatística em relação ao uso de antibiótico, probiótico ou controle negativo. Quando avaliamos o uso de aditivos, o uso de antibiótico, probiótico ou controle negativo não apresentaram diferença estatística utilizando ou não o enriquecimento ambiental.

Já aos 36 dias de idade das aves, não houve interação entre os tratamentos, e o probiótico apresentou o melhor resultado (0,108). Aos 40 dias de idade das aves, não houve interação e nenhuma diferença significativa.

Não houve interação e nem diferença significativa entre os tratamentos para as avaliações de Miopatia Dorso Cranial e Resistência Óssea (Tabelas 7 e 8).

Tabela 6- *Gait score* de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental, avaliados aos 23,36 e 40 dias de idade.

	ADT	ENRIQUECIMENTO			EPM	P		
		COM E.A.	SEM E.A.	TOTAL		ADT	ENR	A*E
23 DIAS	AMD	0.041Ba	0.083Aa	0,06	0,06	0,0007	0,1679	0,0007
	CONTROLE	0.166Aa	0.083Aa	0,13				
	PROB	0.083ABa	0.166Aa	0,13				
	TOTAL	0,110	0,100	0,100				
36 DIAS	AMD	0,000	0,220	0.145A	0,07	<0.0001	<0.0001	0,1869
	CONTROLE	0,130	0,170	0.145A				
	PROB	0,130	0,170	0.108B				
	TOTAL	0.0183a	0.083a	0,13				
40 DIAS	AMD	0,220	0,430	0,330	0,11	0,0840	0,2015	0,1411
	CONTROLE	0,380	0,380	0,380				
	PROB	0,500	0,480	0,490				
	TOTAL	0,430	0,360	0,400				

AMD: Antibiótico; CN: Controle Negativo; PROB: Probiótico; ADT ou A: Aditivo; ENRIQ ou E: Enriquecimento; EA: Enriquecimento Ambiental; P: Probabilidades; EPM: Erro Por Média. Médias seguidas de letras diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras Maiúsculas indicam diferença entre os valores da coluna; Letras Minúsculas indicam diferença entre os valores da linha.

Tabela 7- Miopatia Dorso Cranial de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.

	ADT	ENRIQUECIMENTO			EPM	P		
		COM E.A.	SEM E.A.	TOTAL		ADT	ENR	A*E
MDC	AMD	0,391	0,391	0,391	0,10	0,1775	0,1655	0,1785
	CONTROLE	0,260	0,260	0,260				
	PROB	0,272	0,291	0,282				
	TOTAL	0,308	0,314	0,311				

AMD: Antibiótico; CN: Controle Negativo; PROB: Probiótico; ADT ou A: Aditivo; ENRIQ ou E: Enriquecimento; EA: Enriquecimento Ambiental; P: Probabilidades; EPM: Erro Por Média.

Tabela 8- Resistência óssea de frangos de corte submetidas ao uso de diferentes aditivos, com e sem enriquecimento ambiental.

		ENRIQUECIMENTO			EPM	ADT	P	
	ADITIVO	COM ENR	SEM ENR	TOTAL			ENR	A*E
FÊMUR	AMD	31,57	32,75	32,16	1,14	0,2408	0,7631	0,9403
	CONTROLE	37,05	36,61	36,83				
	PROB	34,69	36,02	35,36				
	TOTAL	34,44	35,13	34,78				
TÍBIA	AMD	31,79	35,59	33,69	1,13	0,4241	0,6302	0,6354
	CONTROLE	31,98	30,37	31,18				
	PROB	34,24	35,41	34,83				
	TOTAL	32,67	33,79	33,23				

AMD: Antibiótico; CN: Controle Negativo; PROB: Probiótico; ADT ou A: Aditivo; ENRIQ ou E: Enriquecimento; EA: Enriquecimento Ambiental; P: Probabilidades; EPM: Erro Por Média.

DISCUSSÃO

Na densidade óssea, o uso do enriquecimento mostrou melhorar o ganho ósseo no fêmur e na tíbia, aumentando a atividade locomotora, demonstrando que o uso de planos elevados impõe uma maior e mais diversificada carga mecânica (estresse tensional e compressivo) nos ossos longos. Conforme o princípio da Lei de Wolff, este estresse mecânico induz a remodelação óssea, resultando em maior deposição mineral e, consequentemente, melhor DMO e resistência estrutural (Zhou et al., 2024).

A literatura recente confirma que o enriquecimento ambiental induz a um aumento significativo na atividade e locomoção das aves (Nazareno et al., 2022; Elsayed et al., 2024). O fornecimento de recursos como poleiros e plataformas aumenta o desafio físico para as aves, aprimorando sua coordenação e força musculoesquelética através de atividades como subir e descer. Pesquisas demonstraram que o enriquecimento resultou em um impacto notável no peso da tíbia e fêmur, bem como na sua inércia, indicando melhor integridade estrutural e durabilidade (Nazareno et al., 2024).

A discondroplasia tibial (DT) é uma das principais alterações esqueléticas observadas em frangos de corte modernos, caracterizada pelo acúmulo de cartilagem não mineralizada na placa de crescimento da tíbia, resultante de falhas no processo de diferenciação e mineralização dos condrócitos (Kulyar et al.,2022).

Não foram observadas diferenças significativas na incidência de discondroplasia tibial entre os tratamentos contendo antibiótico ou probiótico, bem como entre os grupos com e sem enriquecimento ambiental. Uma possível explicação para esse resultado é o

caráter multifatorial da DT, pois está associada ao rápido crescimento das aves, bem como a fatores nutricionais, metabólicos, genéticos e ambientais que influenciam o desenvolvimento ósseo (Shi et al., 2024).

Embora probióticos e antibióticos possam promover melhorias na saúde intestinal e na eficiência de utilização dos nutrientes, os efeitos desses aditivos sobre alterações específicas da placa de crescimento nem sempre são evidentes. Evidências recentes indicam que a microbiota intestinal pode influenciar o metabolismo ósseo por meio da regulação da absorção mineral e da produção de metabólitos microbianos; entretanto, esses efeitos dependem da magnitude das alterações na microbiota e das condições fisiológicas das aves (Huang et al., 2019; Tu et al., 2021).

Em relação ao enriquecimento ambiental, essa estratégia pode estimular a atividade locomotora das aves e contribuir para melhorias no desenvolvimento musculoesquelético. No entanto, seus efeitos sobre alterações estruturais específicas da placa de crescimento ainda são inconsistentes e dependem do tipo de enriquecimento utilizado e da intensidade do estímulo locomotor promovido (Tahamtani et al., 2018; Riber et al., 2018).

Além disso, a ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos pode estar relacionada à baixa incidência geral de discondroplasia tibial observada no lote experimental. Em situações nas quais a ocorrência da lesão é reduzida, torna-se mais difícil detectar diferenças entre tratamentos experimentais. Assim, os resultados obtidos sugerem que, nas condições do presente estudo, nem os aditivos avaliados nem o enriquecimento ambiental foram capazes de alterar significativamente a incidência de discondroplasia tibial em frangos de corte.

Na análise de DF, o uso de PROB em ambiente enriquecido ou não promoveu menores alterações. Sendo assim, a suplementação de probióticos na dieta de frangos de corte mostra-se como uma estratégia promissora para reduzir a degeneração femoral e melhorar a saúde esquelética, possivelmente por meio da modulação da integridade intestinal e do controle de inflamação sistêmica (Mohammed et al., 2021).

Há um estudo demonstrando que a inclusão de probiótico promoveu aumento da densidade mineral e do tamanho ósseo do fêmur em frangos (Yan et al., 2020). Mohammed et al. (2020) observaram que frangos alimentados com probióticos apresentaram ossos mais fortes e maiores níveis plasmáticos de cálcio e fósforo, o que

reforça a hipótese de que os probióticos podem melhorar a absorção de minerais essenciais para a mineralização óssea.

Dessa forma, a suplementação probiótica pode atuar de maneira multifatorial (fortalecendo a barreira intestinal, reduzindo a inflamação e melhorando a absorção de minerais) para mitigar os processos degenerativos no fêmur de aves de corte, representando uma alternativa eficaz ao controle tradicional de doenças esqueléticas e um avanço relevante para o bem-estar animal.

No uso da tomografia computadorizada para avaliar espondilolistese, não se observou diferença significativa, tanto para os aditivos quanto para o enriquecimento. Porém a TC estabeleceu-se como uma ferramenta diagnóstica superior na patologia óssea aviária por permitir a visualização tridimensional e a avaliação detalhada da coluna vertebral (Vali et al., 2023). O método permite a mensuração objetiva e quantificação em tempo real do grau de deslocamento e rotação vertebral, detectando lesões subclínicas que passariam despercebidas na avaliação macroscópica e um estudo recente sobre enriquecimento ambiental e espondilolistese em frangos de corte confirmam que a TC é a modalidade preferencial para identificar e medir a prevalência subclínica da condição (Silva et al., 2023).

A ausência de diferenças estatísticas observada no presente estudo também pode estar relacionada a fatores genéticos. Estudos clássicos de Riddell (1973) sobre espondilolistese em frangos de corte relataram a ocorrência da condição em linhagens experimentais e comerciais, sem identificar uma relação consistente entre sua incidência e fatores como ambiente de incubação ou alimentação, sugerindo que variáveis isoladas de manejo ou dieta nem sempre explicam a ocorrência da patologia.

De forma semelhante, Liu et al. (2023) relata sobre distúrbios locomotores em frangos destacando que alterações esqueléticas apresentam etiologia multifatorial e elevada variabilidade entre estudos, sendo frequentemente associadas à interação entre crescimento acelerado, genética das linhagens e condições de criação, o que pode dificultar a identificação de efeitos significativos de tratamentos específicos em alguns experimentos.

Além disso, Dinev et al. (2014) e Tallentire et al. (2018), indicam que a espondilolistese está entre as anomalias mais frequentemente relatadas na espécie. Entretanto, sua prevalência e o impacto sobre parâmetros de bem-estar e desempenho variam amplamente entre estudos, frequentemente sem diferenças significativas entre

tratamentos ou linhagens, o que reforça que fatores genéticos e de ambiente interagem de forma complexa e que intervenções isoladas podem não produzir efeitos uniformes nos desfechos de interesse.

Na análise de latency to lie, não se observou diferença entre tratamentos ($P > 0,05$), apesar da expectativa de que melhorias no ambiente ou na dieta possam aumentar a resistência dos membros posteriores.

Um estudo recente avaliou diferentes tipos de enriquecimento ambiental (incluindo plataformas e paredes baixas) e não foram observadas diferenças significativas nos valores médios de LTL entre os grupos (controle, enriquecimento com parede e enriquecimento com poleiros), indicando que o tipo de enriquecimento empregado não alterou de maneira detectável a duração que os animais permaneceram de pé antes de se deitar. Isso sugere que o enriquecimento ambiental testado não influenciou a mobilidade ou a força das pernas no momento avaliado (Zago-Dias et al., 2025).

De forma semelhante, Weimer et al. (2020) avaliaram diferentes condições ambientais de criação em frangos de corte, incluindo variações na intensidade luminosa (2, 5 e 10 lux) e no tipo de piso (cama ou arame). Os autores observaram que essas alterações ambientais não influenciaram significativamente o tempo de latência para deitar (LTL), embora alguns indicadores fisiológicos e comportamentais tenham apresentado respostas distintas entre tratamentos.

Resultados como esses são importantes porque demonstram que, embora enriquecimentos ambientais e aditivos possam alterar aspectos comportamentais ou fisiológicos em frangos de corte, esses fatores nem sempre resultam em diferenças significativas em parâmetros diretos de saúde das pernas como o LTL, especialmente quando as intervenções não são suficientemente estimulantes ou quando a análise estatística carece de poder devido à variabilidade biológica.

A ausência de diferenças significativas na incidência de deformidades angulares valgus e varus entre frangos de corte submetidos a enriquecimento ambiental e suplementação com aditivos está de acordo com achados reportados na literatura. Rodríguez-Ortega et al. (2025), ao avaliarem frangos alimentados com dietas suplementadas com extrato de semente de uva como aditivo, observaram que os ângulos de valgus e varus não diferiram significativamente entre os tratamentos, apesar da avaliação detalhada de indicadores de saúde das pernas e qualidade óssea,

sugerindo que a intervenção nutricional isolada não foi suficiente para modificar a ocorrência desses desvios angulares.

Tahamtani et al., (2019), utilizaram enriquecimento ambiental com variados estímulos físicos (plataformas elevadas, painéis verticais, fardos de palha e diferentes relações entre comedouros e bebedouros) e a prevalência de deformidades valgus e varus foi mínima ou semelhante entre os grupos, sem diferenças significativas entre tratamentos para esse tipo de desvio ósseo indicando que o enriquecimento testado não alterou a ocorrência de valgus-varus nos animais avaliados.

Isso sugere que certos enriquecimentos ambientais, quando aplicados isoladamente ou em combinação com aditivos nutricionais, podem não ser suficientes para produzir mudanças detectáveis na prevalência de deformidades valgus e varus, especialmente quando essas deformidades ocorrem em baixa frequência na população estudada ou são influenciadas principalmente por fatores genéticos, crescimento rápido e manejo padrão (Sans et al., 2014).

A avaliação da pododermatite em frangos de corte ao longo do tempo revelou um padrão de manifestação influenciado tanto pela idade quanto pelos tratamentos nutricionais associados ao manejo ambiental. Aos 23 dias de idade, não houve diferenças estatísticas na incidência de lesões entre os grupos experimentais.

Essa ausência de efeito inicial é compatível com relatos na literatura apontando que a pododermatite é uma condição que tende a aumentar com a idade e a exposição prolongada a cama de baixa qualidade ou alta umidade, fatores que não foram suficientemente pronunciados nos primeiros dias de vida dos animais. Taira et al. (2013) apontaram que a qualidade da cama e a umidade são variáveis críticas para o desenvolvimento de pododermatite ao longo do ciclo de criação, com maior incidência observada em idades mais avançadas.

Aos 36 dias de idade, entretanto, observou-se diferença significativa no grupo que recebeu tratamento com antibiótico seguido de probiótico, indicando que a modulação da microbiota intestinal e possivelmente a melhoria da consistência fecal proporcionada por esse regime nutricional pode ter contribuído para reduzir a umidade da cama e, conseqüentemente, a severidade das lesões de pododermatite. A principal causa da pododermatite é a irritação da pele das patas devido ao contato prolongado com cama úmida e amoniacal (Shepherd e Fairchild, 2010). Os antibióticos atuam controlando populações de bactérias indesejáveis no intestino (como *Clostridium perfringens* e

espécies produtoras de muco). Seu uso na dieta melhora a integridade intestinal, o que se traduz em melhor absorção de água e, consequentemente, em fezes mais secas ocorrendo assim a redução da umidade fecal e de patógenos na cama.

Ao reduzir o teor de umidade das excretas, o antibiótico indiretamente melhora a qualidade da cama, diminuindo a agressão à almofada plantar (Santini et al., 2010; Yang et al, 2023). Segundo Hu et al. (2022) a suplementação simbiótica ou probiótica têm mostrado potencial para influenciar positivamente a saúde dos pés e outros aspectos de bem-estar, embora seus efeitos variem de acordo com o protocolo de administração e as condições ambientais.

Aos 40 dias de idade, a manutenção da diferença estatística observada aos 36 dias entre os grupos com antibiótico e probiótico demonstra um possível efeito residual benéfico desses aditivos no desenvolvimento posterior das lesões, sugerindo que intervenções nutricionais precoces podem ter impactos duradouros sobre a saúde da pele plantar quando associadas a melhorias no ambiente físico da criação. Assim o EA pode estimular maior atividade locomotora e reduzir o tempo de contato constante com a cama (Kuter et al., 2023).

A avaliação do *gait score* ao longo do ciclo de crescimento em frangos de corte é um importante indicador de bem-estar locomotor e saúde dos membros posteriores, fortemente influenciado por fatores como idade, manejo, atividades e intervenções nutricionais.

Assim como na pododermatite, o *Gait Score* foi avaliado em 3 dias diferentes (23,36 e 40 dias), em que aos 23 dias de idade, o grupo que recebeu antibiótico associado ao enriquecimento ambiental apresentou o melhor resultado de *gait score*. Isso pode refletir em uma ação inicial de controle de cargas microbianas intestinais e melhora da saúde geral que favoreceu a mobilidade precoce dos animais, uma vez que a saúde intestinal e microbiota têm sido relacionadas à locomoção e condição corporal em aves jovens (Yan et al., 2019).

Além disso, podendo haver consorciação da melhora da saúde intestinal com a qualidade da cama, possivelmente devido a esse efeito inicial de controle de carga microbiana intestinal e consequente melhoria na consistência das excretas, o que pode ter contribuído para uma cama de melhor qualidade nessa fase precoce. A qualidade da cama é um determinante de saúde das pernas e mobilidade, uma vez que a cama úmida

e degradada está associada ao aumento de lesões cutâneas e piora do *gait score* em frangos de corte (Zikic et al., 2017).

Aos 36 dias, o probiótico apresentou o melhor *gait score*, sugerindo que a modulação da microbiota intestinal por probióticos pode ter favorecido a saúde intestinal, reduzindo a umidade fecal e, conseqüentemente, melhorando as condições da cama, fatores que facilitam uma locomoção mais eficiente e menos dolorosa. Estudos têm relatado que dietas probióticas podem melhorar a digestão e reduzir a umidade da cama, o que está associado a melhora nos parâmetros de locomoção medidos pelo *gait score* (Rehman et al., 2020).

Aos 40 dias de idade, a ausência de diferenças significativas no *gait score* entre os tratamentos pode refletir o fato de que, à medida que as aves atingem maior peso corporal, a deterioração progressiva da cama associada ao aumento de excretas e menor capacidade de secagem natural pode neutralizar os efeitos benéficos dos aditivos e enriquecimento, levando a um equilíbrio nos escores de locomoção entre os grupos (Durmus et al., 2023). Isso está em concordância com estudos que demonstram que a qualidade da cama deteriora significativamente ao longo do ciclo de criação, especialmente em fases tardias, e que essa deterioração está fortemente associada a piora no *gait score* independentemente de intervenções nutricionais ou ambientais isoladas (Souza et al., 2018; Barbosa et al., 2022).

Portanto, nossos achados sugerem que os efeitos positivos de aditivos e enriquecimento ambiental sobre a locomoção podem ser mediados pela melhoria da qualidade da cama, especialmente em fases intermediárias do crescimento, mas que essa relação tende a se atenuar conforme a cama se degrada com o aumento da umidade e do peso corporal das aves. Isso reforça a importância de um manejo integrado que inclua controle de qualidade da cama, estratégias nutricionais e enriquecimento ambiental para promover mobilidade e bem-estar em todo o ciclo produtivo.

A avaliação da miopatia dorso-cranial não resultou em diferenças significativas entre os tratamentos com antibiótico, probiótico e enriquecimento ambiental, sugerindo que, apesar das variações nutricionais e de manejo, esse tipo de lesão muscular específica não foi influenciado diretamente pelas intervenções propostas dentro do período experimental.

Caracterizada por degeneração e alterações fibrosas no músculo anterior *latissimus dorsi*, sua ocorrência tem sido associada a fatores intrínsecos do crescimento

e biomecânicos mais do que a mudanças ambientais isoladas (Ibrahim et al., 2021). Um estudo detalhado tem demonstrado que a etiologia da miopatia está fortemente ligada ao desequilíbrio biomecânico do sistema musculoesquelético, especialmente em frangos com rápido ganho de peso, onde a massa muscular se desenvolve mais rapidamente que a capacidade de suporte do esqueleto, gerando alterações posturais e estresse nos músculos da região dorsal cranial (Zimmermann, 2011).

Silva et al. (2025) observaram que o crescimento acelerado e o pobre equilíbrio musculoesquelético estão associados à maior prevalência de miopatia, e que a condição de má postura e *gait score* alterado aumentam a probabilidade de lesões, independentemente da alimentação ou manejo isolados. Essa associação entre desequilíbrio corporal e miopatia é reforçada pelos autores que descrevem que frangos com maior peso corporal e postura alterada apresentam maior incidência da miopatia, enquanto linhagens com desenvolvimento mais equilibrado exibem menor prevalência, apontando para uma influência relevante da conformação física e da biomecânica em oposição a fatores nutricionais isolados (Alves et al., 2013).

Além disso, evidências histológicas indicam que lesões musculares como a miopatia, envolve degeneração de fibras musculares, fibrose e alterações inflamatórias com características crônicas, o que reafirma que a miopatia pode ser um processo subclínico e mecânico antes de ser manifestado clinicamente no campo experimental ou em sistemas comerciais (Pavanello et al., 2022).

A ausência de diferença significativa entre os tratamentos no presente estudo reforça que intervenções nutricionais com antibióticos ou probióticos e o enriquecimento ambiental, embora benéficas para outros aspectos de saúde e bem-estar, podem não ser suficientes para alterar a ocorrência de miopatia em frangos de corte em fases iniciais de desenvolvimento ou sem a modulação substancial de fatores biomecânicos e genéticos.

Na resistência óssea em frangos de corte, utilizando fêmur e tíbia como parâmetros biomecânicos, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com antibiótico e probiótico, tanto com quanto sem enriquecimento. Este resultado sugere que, no escopo das variáveis avaliadas, a inclusão de probióticos pode não ter alterado de forma mensurável os parâmetros de resistência óssea quando comparada com antibióticos.

Alguns trabalhos relatam melhorias em características ósseas com probióticos, como aumento da espessura da parede óssea e parâmetros físico-químicos, apesar de nem sempre isso se traduzir em diferenças marcantes em resistência biomecânica quando comparado com controles ou outros tratamentos.

Mohammed et al. (2020) relataram que probióticos suplementares aumentaram o comprimento, peso e força da tíbia em frangos comparados ao controle, com melhoria em parâmetros físico-químicos e bioquímicos ósseos (Ca e P), indicando um potencial benefício para saúde óssea, ainda que os efeitos não sejam uniformemente significativos em todos os indicadores avaliados.

O enriquecimento ambiental visa estimular a atividade física. No entanto, o fato de não ter havido diferença na resistência óssea pode estar ligado à intensidade do estímulo ou ao potencial genético das linhagens modernas de crescimento rápido, que priorizam a deposição muscular em detrimento da densidade óssea.

Fleming (2008) observou que embora o exercício possa estimular o desenvolvimento ósseo, a taxa de crescimento acelerada de frangos de corte modernos muitas vezes oculta os benefícios do enriquecimento ambiental em experimentos de curto prazo.

A resistência óssea (tíbia e fêmur) é um parâmetro altamente conservado pelo organismo. Em condições experimentais controladas, em que não há um desafio sanitário severo, o organismo consegue manter a integridade estrutural mesmo com diferentes aditivos. Segundo Yair et al. (2015), a mineralização óssea é um processo complexo onde o equilíbrio entre osteoblastos e osteoclastos é mantido de forma rigorosa, e mudanças significativas só são observadas em casos de deficiências nutricionais graves ou desafios imunológicos acentuados.

Diante do exposto, pode-se dizer que a modulação positiva da microbiota e a consequente melhoria na integridade intestinal e absorção de nutrientes pelo probiótico conferem um benefício locomotor comparável ao controle de patógenos feito pelo antibiótico.

CONCLUSÃO

O probiótico tem ação semelhante ao antibiótico na saúde locomotora e no bem-estar de frangos de corte ao longo do ciclo de criação. A modulação dietética e o enriquecimento ambiental não são suficientes para alterar patologias como a

discondroplasia tibial e a miopatia dorso cranial. Saúde intestinal é essencial para a integridade locomotora, validando o probiótico como uma alternativa eficaz e sustentável aos antibióticos em sistemas de alta performance.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida Paz, I.C.L. (2008). Problemas locomotores e técnicas de mensuração. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. **Anais...** Campinas: FACTA, p.57-68.

Almeida Paz, I.C.L.; Baldo, G.A.A.; Gilli, B.; Sartori, J.R.; Garcia, E.A.; Cruvinel, J.M. (2017). Latency to lie e gait score em frangos de corte. In: Conferência FACTA 2017. **Anais...** Campinas: FACTA, p.1.

Almeida Paz, I.C.L.; Garcia, R.G.; Bernardi, R.; Nääs, I.A.; Caldara, F.R.; Freitas, L.W.; Seno, L.O.; Ferreira, V.M.O.S.; Pereira, D.F.; Cavichiolo, F. (2010). Selecting appropriate bedding to reduce locomotion problems in broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 12:189-195.

Alves, M.C.F., Almeida-Paz, I.C.L., Caldara, F.R., Garcia, R.G., Seno, L.O., Baldo, G.A.A., Amadori, M.S. (2013). Equilibrium condition and locomotion problems in broilers. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. 7 (1), 35-44.

Barbosa, D.K., Garcia, R.G., Burbarelli, M.F.C., Komiyama, C.M., Gandra, E.R.S., Przybulinski, B.B., Castilho, V.A.R., Bueno, J.P.T., Santos, W. (2022). Different litter compositions influence broiler chicken locomotion. **Iranian Journal of Veterinary Research**. 10:22099.

Blatchford, R.A.; Archer, G.S.; Mench, J.A. (2012). Contrast in light intensity, rather than day length, influences the behavior and health of broiler chickens. **Poultry Science**, 91:1768–1774.

Corr, S.A.; Gentle, M.J.; McCorquodale, C.C.; Bennett, D. (2003). The Effect of Morphology on Walking Ability in the Modern Broiler: A Gait Analysis Study. **Animal Welfare**, 12:159–171.

Dawkins, M.; Donnelly, C.A.; Jones, T.A. (2004). Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. **Nature**, 427:342–344.

Dinev, I. 2014. Axial skeleton pathology in broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**. 70.2 (2014): 303–308.

Durmus, M., Kursun, K., Açık, I.P., Turfan, M., Kutav, H., Benli, H., Baylan, M., Kutlu, H.R. (2023). Effect of different litter materials on growth performance, the gait score and footpad dermatitis, carcass parameters, meat quality, and microbial load of litter in broiler chickens. **Poultry Science**. 10:2763

Elsayed, R.A.; Mohammed, A.S.; Abou-Elnaga, A.F.; Abou-Ismael, U.A.; Darwish, R.A.; Fouda, M.M. (2024). Effects of Different Types of Environmental Enrichment on Behavior, Performance, Welfare, Carcass Characteristics, and Lipid Profile of Broiler Chickens. **Mansoura Veterinary Medical Journal**, 25:20-30.

Fleming, R.H. (2008). Nutritional factors affecting poultry bone health. **The proceedings of the nutrition society**, 10:1017.

Ghani, A.; Mehmood, S.; Hussnain, F.; Saima. (2025). Effects of different environmental enrichment tools to improve behavior, welfare, and growth performance of broiler chickens. **Tropical Animal Health and Production**, 57: 33.

Hormone-Boosting Peptide in Regulating the Expression of Muscle-Specific Genes and Related MicroRNAs in Broiler Chickens. **Animals (Basel)**, 11:1906

Hu, J.Y, Mohammed, A.A., Murugesun, G.R., Cheng, H.W. (2022). Effect of a synbiotic supplement as an antibiotic alternative on broiler skeletal, physiological, and oxidative parameters under heat stress. **Poultry Science**. 10:1016.

Huang, S., Kong, A., Cao, Q., Tong, Z., Wang. X. (2019). The role of blood vessels in broiler chickens with tibial dyschondroplasia. **Poultry science**. 10:3382.

Ibrahim, D.; Al-Khalaifah, H.S.; Hassan-abdelfattah, A.; Eldoumani, H.; Khater, I.K.; Arisha, A.H.; Mohamed, S.A.; Ismail, T.A.; Tolba, S.A. (2021). Promising Role of Growth Jones, R.B. (2001). Environmental enrichment for poultry welfare. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry Occasional Publication**, 28:125-131.

Knowles, T.G.; Kestin, S.C.; Haslam, S.M.; Brown, S.N.; Green, L.E.; Butterworth, A.; Pode, S.J.; Pfeiffer, D.; Nicol, C.J. (2008). Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. **PloS one**, 3:e1545.

Kulyar, M. F.-e.-A., Yao, W., Mo, Q., Ding, Y., Zhang, Y., Gao, J., Li, K., Pan, H., Nawaz, S., Shahzad, M., Mehmood, K., Iqbal, M., Akhtar, M., Bhutta, Z. A., Waqas, M., Li, J., & Qi, D. (2022). Regulatory Role of Apoptotic and Inflammasome Related Proteins and Their Possible Functional Aspect in Thiram Associated Tibial Dyschondroplasia of Poultry. **Animals**. 10:3390.

Kumar, H., Bhardwaj, I., Nepovimova, E., Dhanjal, D.S., Shaikh, S.S., Knop, R., Atuahene, D., Shaikh, A.M., Béla, K. (2025). Revolutionising broiler nutrition: The role of probiotics, fermented products, and paraprobiotics in functional feeds. **Journal of Agriculture and Food Research**, 21:101859.

Kuter, E., Cengiz, O., Koksai, B.K., Sevim, O., Tatli, O., Ahsan, U., Guven, G., Onol, A.G., Bilgili, S. (2023). Litter quality and incidence and severity of footpad dermatitis in heat stressed broiler chickens fed supplemental zinc. **Livestock Science**. 10:5145.

Liu, K.L., He, Y.F., Xu, B.W., Lin, L.X., Chen, P., Iqbal, M.K., Mehmood, K., Huang, S.C. (2023). Leg disorders in broiler chickens: a review of current knowledge. **Animal biotechnology**, 34:5124-5138.

Markowiak, P.; Śliżewska, K. (2018). The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. **Gut Pathogens**, 10:21.

Mendonça Júnior, C.X. (2009). Fisiopatologia do sistema locomotor. p. 175-190. In: **Doenças das Aves**, 2. Ed.

Mohammed, A.A., Zaki, R.S., Negm, E.A., Mahmoud, M.A., Cheng, H.W. (2021). Effects of dietary supplementation of a probiotic (*Bacillus subtilis*) on bone mass and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, 10:1016

Mohammed, A.A.; Zaki, R.S.; Negm, E.A.; Mahmoud, M.A.; Cheng, H.W. (2020). Effects of dietary supplementation of a probiotic *Bacillus subtilis* on bone mass and meat quality of broiler chickens. **Poultry Science**, 100:100906.

Nazareno, A.C.; da Silva, I.J.; Delgado, E.F.; Machado, M.; Pradella, L.O. (2022). Does environmental enrichment improve performance, morphometry, yield and weight of broiler parts at different ages?. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 26:292-298.

Nazareno, A.C.; Silveira, R.M.F.; Fernandes, D.P.B.; Chierri, J.; Pradella, L.O.; & Oliveira da Silva, I.J. (2024). Perches used as environmental enrichment influence fast-growth broilers' biomechanics and locomotor morphometry at the age of 42 days. **PLOS ONE**, 19:e0313214.

Nelder, J.A., Wedderburn, R.W.M. (1972). Generalized Linear Models. **Royal Statistical Society. Journal. Series A: General**. 10:2307.

Ohara, A.; Oyakawa, C.; Yoshihara, Y.; Ninomiya, S.; Sato, S. (2015). Effect of environmental enrichment on the behavior and welfare of Japanese broilers at a commercial farm. **The Journal of Poultry Science**, 52:323-330.

Pavanello, A.C.L., Mendonça, F.J., Oliveira, T.E.S., Torezan, G.B., Santis, G.W.D., Soares, A.L. (2022). Physicochemical and histopathological parameters of broilers with dorsal cranial myopathy. **Animal Bioscience**. 10:5713.

Rafiq, K.; Tofazzal Hossain, M.; Ahmed, R.; Hasan, M.M.; Islam, R.; Hossen, M.I.; Shaha, S.N.; Islam, M.R. (2022). Role of Different Growth Enhancers as Alternative to In-feed Antibiotics in Poultry Industry. **Frontiers in Veterinary Science**, 8:794588.

Rehman, A., Arif, M., Sajjad, N., Al- Ghadi, M.Q., Alagawany, M., Abd El-Hack, M.E., Alhimaidi, A.R., Elnesr, S.S., Almutairi, B.O., Amran, R.A., Hussein, E.O.S., Swelum, A.A. (2020). Dietary effect of probiotics and prebiotics on broiler performance, carcass, and immunity. **Poultry Science**. 10:1016

Riber, A.B., Van De Weerd, H.A., De Jong, I.C., Steenfeldt, S. (2018). Review of environmental enrichment for broiler chickens. **Poultry science**, 97:378-396.

Riddell, C. (1973). Studies on spondylolisthesis ("kinky back") in broiler chickens. **Avian pathology: journal of the W.V.P.A.**, 10:1080.

Rodríguez-Ortega, L.T., Rodríguez-Ortega, a., Pró-Martínez, A., Sosa-Montes, E., Hernández-Guzmán, F.J., Leyva-Jimenez, H. (2025). Leg health and growth performance of broiler chickens supplemented with grape seed extract. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**. 10:17553.

Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Hannas, M.I.; Donzele, J.L.; Sakomura, N.K.; Perazzo, F.G.; Brito, C.O. (2017). **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa: Departamento de Zootecnia-UFV, 488 p.

Sans, E.C.D.O., Federici, J.F., Hammerschmidt, J., Clemente, H.C., Dahlke, F., Molento, C.F.M. (2014). Environmental enrichment on the welfare of industrial broiler chickens. **Ciência Rural**, 44::1867-1873.

Santini, C.; Baffoni, L.; Gaggia, F.; Granata, M.; Gasbarri, R.; Di Gioia, D.; Biavati, B. (2010). Characterization of probiotic strains: an application as feed additives in poultry against *Campylobacter jejuni*. **International journal of food microbiology**, 141:S98-S108.

Shepherd, E.M.; Fairchild, B.D. (2010). Footpad dermatitis in poultry. **Poultry Science**, 89:2043-2051, 2010.

Shi, K., Wu, Y., Jiang, X., Liu, X., Du, Y., Feng, C., Li, D. (2024). Transcriptome analysis reveals the pathogenesis of spontaneous tibial dyschondroplasia in broilers. **Frontiers in Genetics**. 10:3389.

Silva, M.I.L., Norton III, A.H., Jacobs, L. (2025). Fast growth rate is associated with musculoskeletal biomechanical imbalance and dorsal cranial myopathy in broiler chickens. **Plos One**. 10:1371.

Silva, M.I.L.; Almeida Paz, I.C.D.L.; Jacinto, A.S.; Nascimento Filho, M.A.; Oliveira, A.B.S.D.; Santos, I.G.A.D.; Mota, F.S.; Caldara, F.R.; Jacobs, L. (2023). Providing environmental enrichments can reduce subclinical spondylolisthesis prevalence without affecting performance in broiler chickens. **Plos One**, 18:0284087.

Souza, L.F.A., Araújo, D.N., Stefani, L.M., Giometti, I.C., Cruz-Polycarpo, V.C., Polycarpo, G., Burbarelli, M.F.C. (2018). Probiotics on performance, intestinal morphology and carcass characteristics of broiler chickens raised with lower or higher environmental challenge. **Austral journal of veterinary sciences**. 10:4067.

Tahamtani, F.M., Pedersen, I.J., Riber, A.B. (2019). Effects of environmental complexity on welfare indicators of fast-growing broiler chickens. **Poultry Science**. 10:3382

Tahamtani, F.M., Pedersen, I.J., Toinon, C., Riber, A.B. (2018). Effects of environmental complexity on fearfulness and learning ability in fast growing broiler chickens. **Applied Animal Behaviour Science**, 10:1016

Taira, K., Nagai, T., Obi, T., Takase, K. (2013). Effect of litter moisture on the development of footpad dermatitis in broiler chickens. **The Journal of Veterinary Medical Science**, 10:1292.

- Tallentire, C.W., Leinonen, I., Kyriazakis, I. (2018). Artificial selection for improved energy efficiency is reaching its limits in broiler chickens. **Scientific Reports**, 10:1038.
- Tu, Y., Yang, R., Xu, X., Zhou, X. (2021). The microbiota-gut-bone axis and bone health. **Journal of Leukocyte Biology**. 10:1002.
- Vali, Y.; Gumpenberger, M.; Konicek, C.; Bagheri, S. (2023). Computed tomography of the spleen in chickens. **Frontiers in Veterinary Science**, 10:1153582.
- Weimer, S.L, Wideman, I R.F., Scanes, C.G., Mauromoustakos, A., Christensen, K.D., Vizzier-Thaxton, Y. (2020). Broiler stress responses to light intensity, flooring type, and leg weakness as assessed by heterophil-to-lymphocyte ratios, serum corticosterone, infrared thermography, and latency to lie. **Poultry Science**. 99(7), 3301–3311.
- Xu, D.; Shu, G.; Liu, Y.; Qin, P.; Zheng, Y.; Tian, Y.; Zhao, X.; Du, X. (2022). Farm environmental enrichments improve the welfare of layer chicks and pullets: A comprehensive review. **Animals**, 12:2610.
- Yair, R., Shahar, R., Uni, Z., (2015). In ovo feeding with minerals and vitamin D3 improves bone properties in hatchlings and mature broilers. **Poultry Science**. 10:3382.
- Yan, F.F.; Murugesan, G.R.; Cheng, H.W. (2019). Effects of probiotic supplementation on performance traits, bone mineralization, cecal microbial composition, cytokines and corticosterone in laying hens. **Animals**, 13:33-41.
- Yan, F.F.; Wang, W.C.; Cheng, H.W. (2020). *Bacillus subtilis*–based probiotic promotes bone growth by inhibition of inflammation in broilers subjected to cyclic heating episodes. **Poultry science**, 99:5252-5260.
- Yang, X.; Zhao, Y.; Gan, H.; Hawkins, S.; Eckelkamp, L.; Prado, M.; Burns, R.; Purswell, J.; Tabler, T. (2023). Modeling gait score of broiler chicken via production and behavioral data. **Animals**, 17:100692.
- Zago-Dias, C.H.F., Signor-Mendes, A.S., Dias, E.R., Venturini, T., Borquis, R.R.A., Alencar-Nããs, I. (2025). Environmental enrichment using low walls and perches improves broiler welfare, without compromising productivity. **Scientia Agropecuaria**. 16(2): 179-188.
- Zhou, S.; Watcharaanantapong, P.; Yang, X.; Thornton, T.; Gan, H.; Tabler, T.; Prado, M.; Zhao, Y. (2024). Evaluating broiler welfare and behavior as affected by growth rate and stocking density. **Poultry Science**, 103:103459.
- Zikic, D., Djukic-Stojcic, M., Bjedov, D., Perico, O., Stojanovic, S., Uscebrka, G. (2017). Effect of Litter on Development and Severity of Foot-Pad Dermatitis and Behavior of Broiler Chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**. 10:1590.
- Zimmermann, F.C. (2011) **Pesquisa etiológica da Miopatia Dorsal Cranial em frangos de corte**. Doutorado em Zootecnia (Tese de Doutorado). UNESP-BOTUCATU.

CAPÍTULO 3- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho preenche uma lacuna significativa na literatura ao fornecer uma avaliação comparativa e faseada dos efeitos do probiótico, antibiótico e do Enriquecimento Ambiental sobre uma bateria complexa de indicadores de bem-estar. A principal contribuição reside na validação da eficácia bioequivalente do probiótico em relação ao antibiótico na mitigação dos distúrbios locomotores.

Os resultados demonstram, inequivocamente, que a saúde locomotora em frangos de alto desempenho pode ser mantida através da modulação positiva da microbiota e da otimização da absorção de nutrientes mediada pelo probiótico, oferecendo uma solução factível e sustentável para a crescente demanda da indústria por sistemas de produção *Antibiotic-Free*.

Assim a natureza específica e dinâmica das intervenções, a saúde locomotora responde à modulação intestinal, com benefícios superiores do AMD na fase inicial e uma equivalência funcional com o Probiótico na fase final, reforçando a necessidade de estratégias dietéticas faseadas. A pododermatite revelou-se um problema primariamente ambiental e biomecânico na fase de terminação. A ausência de diferença significativa em distúrbios estruturais confirma que a carga genética inerente ao rápido crescimento impõe um teto para o sucesso das intervenções de manejo e dietéticas isoladas.

As implicações práticas deste estudo são profundas para a sustentabilidade da cadeia produtiva. Os dados suportam a adoção imediata do Probiótico como substituto eficaz do antibiótico para a saúde das pernas, permitindo que o setor cumpra metas regulatórias e de mercado de redução de antimicrobianos sem comprometer o bem-estar e o desempenho locomotor.

O enriquecimento ambiental não se mostrou uma solução isolada para a redução de distúrbios físicos, sugerindo que seu valor principal reside na melhoria do bem-estar comportamental e na contribuição sinérgica com a nutrição na fase inicial e não na mitigação de patologias esqueléticas complexas.

Assim, algumas sugestões para pesquisas futuras seriam:

- Estabelecer a concentração mínima eficaz do probiótico para garantir a replicação dos resultados em escala comercial, otimizando o custo-benefício;

- Investigar o perfil de expressão gênica relacionado à inflamação e à absorção mineral no trato gastrointestinal das aves suplementadas com probiótico, para confirmar a base molecular da melhoria locomotora.

Em última análise, a dissertação contribui com um modelo de manejo integrado e sustentável, validando a modulação intestinal como a chave para desbloquear o bem-estar e o potencial produtivo dos frangos de corte.