

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

LINDOMAR PEREIRA DA SILVA FILHO

**DIFERENTES ABORDAGENS ESTATÍSTICAS PARA O ESTUDO DE FATORES  
DE CONDENAÇÃO DE CARCAÇAS EM FRANGOS DE CORTE**

Uberlândia

2025

LINDOMAR PEREIRA DA SILVA FILHO

**DIFERENTES ABORDAGENS ESTATÍSTICAS PARA O ESTUDO DE FATORES  
DE CONDENAÇÃO DE CARCAÇAS EM FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Veterinárias

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: prof. Dr. Bruno Serpa Vieira

Coorientadora: Prof. Dra. Belchiolina Beatriz  
Fonseca

Uberlândia

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

- S586d  
2025      Silva Filho, Lindomar Pereira da, 1995-  
Diferentes abordagens estatísticas para o estudo de fatores de  
condenação de carcaças em frangos de corte [recurso eletrônico] /  
Lindomar Pereira da Silva Filho. - 2025.
- Orientador: Bruno Serpa Vieira.  
Coorientadora: Belchiorina BeatrizFonseca.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Programa de Pós-  
graduação em Ciências Veterinárias.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5590>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.
1. Veterinária. 2. Frango de corte - Carcaças. 3. Indústria avícola. 4.  
Análise de variância. I. Vieira, Bruno Serpa, 1981-, (Orient.). II. Fonseca,  
Belchiorina Beatriz, 1978-, (Coorient.). III. Universidade Federal de  
Uberlândia. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Programa de  
Pós-graduação em Ciências Veterinárias. IV. Título.

---

CDU: 619

Rejane Maria da Silva  
Bibliotecária-Documentalista – CRB6/1925



## **ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências Veterinárias				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGCVET Nº 15/2025				
Data:	28 de agosto de 2025	Hora de início:	08h:30	Hora de encerramento:	11:10
Matrícula do Discente:	12412MEV013				
Nome do Discente:	Lindomar Pereira da Silva Filho				
Título do Trabalho:	Diferentes abordagens estatísticas para o estudo de fatores de condenação de carcaças em frangos de corte				
Área de concentração:	Produção Animal				
Linha de pesquisa:	Forragicultura, manejo e eficiência na produção dos animais e de seus derivados				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Produção e Sanidade Avícola				

Reuniu-se na Sala 1BCG 320, Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: Dr. Marcus Vinícius Coutinho Cossi - (FMVZ/UFU); Dra. Paula Fernanda de Sousa Braga - (BRF); Dr. Bruno Serpa Vieira - (FMVZ/UFU), orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Bruno Serpa Vieira, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.



Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Uberlândia, 28 de agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Serpa Vieira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/08/2025, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcus Vinicius Coutinho Cossi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/08/2025, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paula Fernanda de Sousa Braga, Usuário Externo**, em 28/08/2025, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6569812** e o código CRC **A0B25E10**.

**Referência:** Processo nº 23117.053944/2025-34

SEI nº 6569812

LINDOMAR PEREIRA DA SILVA FILHO

**DIFERENTES ABORDAGENS ESTATÍSTICAS PARA O ESTUDO DE FATORES  
DE CONDENAÇÃO DE CARCAÇAS EM FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Veterinárias  
Área de concentração: Produção Animal

Uberlândia, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Bruno Serpa Vieira (Orientador)  
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ)

---

Prof. Dr. Marcus Vinicius Coutinho Cossi  
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ)

---

Dra. Paula Fernanda de Sousa Braga  
BRF

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me sustentado com força e sabedoria ao longo dessa jornada.

À minha irmã Marília, por todo o apoio incondicional, incentivo constante e por estar sempre presente, mesmo nos momentos de maior incerteza. Sua confiança em mim foi um pilar essencial nesta caminhada.

Ao meu amigo Willian, pela escuta, amizade e parceria ao longo do processo. À minha amiga Luiza, que esteve ao meu lado desde o início do mestrado, dividindo angústias, conquistas e acreditando comigo até o fim.

Ao meu orientador Prof. Bruno, pela orientação comprometida, pelos ensinamentos técnicos e humanos, e por sempre acreditar no potencial deste trabalho. À Bia, que foi minha orientadora no início da caminhada, minha gratidão pelo acolhimento e pelos primeiros direcionamentos que tanto me ajudaram.

À Paulinha, por toda a ajuda, amizade e incentivo ao longo do processo.

À BRF, empresa na qual atuo profissionalmente, expresso minha profunda gratidão pelo suporte institucional e pela compreensão durante todo o período de realização deste mestrado. A possibilidade de conciliar a vida profissional com os estudos só foi possível graças ao ambiente de trabalho colaborativo, ao incentivo ao desenvolvimento técnico-científico e à flexibilidade oferecida nos momentos mais decisivos da trajetória acadêmica. Agradeço ainda aos colegas e líderes que, direta ou indiretamente, contribuíram com palavras de apoio, parceria e motivação contínua.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, colegas, professores, profissionais da área e amigos, meu sincero agradecimento. Este percurso foi desafiador, mas enriquecedor, e cada apoio recebido fez a diferença.

## RESUMO

A condenação de carcaças de frangos representa um dos principais fatores de perda econômica na indústria avícola brasileira, além de levantar preocupações sanitárias e éticas relacionadas ao bem-estar animal. Este estudo teve como objetivo identificar e quantificar os principais fatores associados às condenações parciais e totais de carcaças, bem como à ocorrência de pododermatite, a partir de uma base de dados composta por mais de 266 milhões de aves abatidas da mesma linhagem (ROSS). Para análise do banco de dados, foram utilizadas duas abordagens estatísticas distintas: análise de variância por modelo de efeito fixo (ANOVA) e análise por modelo de efeitos aleatórios (REML). Os resultados revelaram elevada heterogeneidade ( $I^2 > 99,84\%$ ;  $p < 0.001$ ) dentro do banco de dados, justificando a adoção do modelo de efeitos aleatórios para inferências mais generalizáveis. Fatores como tipo de aviário, densidade de alojamento, sexo das aves e região geográfica mostraram-se significativamente associados aos desfechos analisados. A utilização do REML permitiu não apenas identificar os principais fatores de risco, mas também estimar seu impacto relativo, fornecendo subsídios para a formulação de estratégias de mitigação mais eficazes no contexto da produção intensiva de frangos de corte. Para condenação parcial, os moderadores que melhor explicam sua variação são regional de abate ( $R^2 = 25,58\%$ ), número de lotes da cama ( $R^2 = 18,47\%$ ) e intervalo entre lotes ( $R^2 = 12,32\%$ ). Para condenação total, ganho de peso diário ( $R^2 = 30,68\%$ ), regional de abate ( $R^2 = 30,68\%$ ) e intervalo entre lotes ( $R^2 = 21,64\%$ ). Para pododermatite, regional de abate ( $R^2 = 66,76\%$ ), número de lotes da cama ( $R^2 = 40,54\%$ ) e peso ao abate ( $R^2 = 36,59\%$ ). Tais achados contribuem para a melhoria dos protocolos de manejo e para a racionalização dos processos produtivos no setor avícola.

**Palavras-chave:** análise de variância; *big data*; inspeção post-mortem; modelo de efeitos aleatórios; pododermatite, produção avícola

## ABSTRACT

Carcass condemnation in broiler chickens represents one of the main causes of economic losses in the Brazilian poultry industry, in addition to raising sanitary and ethical concerns related to animal welfare. This study aimed to identify and quantify the main factors associated with partial and total carcass condemnations, as well as the occurrence of pododermatitis, based on a dataset comprising more than 266 million slaughtered birds. Two distinct statistical approaches were applied: fixed-effects analysis of variance (ANOVA) and random-effects models (REML). The results revealed high heterogeneity ( $I^2 > 99.84\%$ ;  $p < 0.001$ ) within the dataset, justifying the adoption of the random-effects model for more generalizable inferences. Factors such as housing type, stocking density, sex of the birds, and geographical region were significantly associated with the evaluated outcomes. The REML approach not only allowed the identification of the main risk factors but also enabled the estimation of their relative impact, providing valuable insights for the formulation of more effective mitigation strategies in the context of intensive broiler production. For partial condemnations, the moderators that best explained the variation were slaughter region ( $R^2 = 25.58\%$ ), litter reuse cycles ( $R^2 = 18.47\%$ ), and downtime between flocks ( $R^2 = 12.32\%$ ). For total condemnations, the most relevant factors were average daily gain ( $R^2 = 30.68\%$ ), slaughter region ( $R^2 = 30.68\%$ ), and downtime between flocks ( $R^2 = 21.64\%$ ). Regarding pododermatitis, the main explanatory factors were slaughter region ( $R^2 = 66.76\%$ ), litter reuse cycles ( $R^2 = 40.54\%$ ), and slaughter weight ( $R^2 = 36.59\%$ ). These findings contribute to the improvement of management protocols and the optimization of production processes in the poultry industry.

**Keywords:** analysis of variance; *big data*; broiler production; pododermatitis; post-mortem inspection; random-effects model.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Inspeção sanitária e as principais causas de condenação de carcaças.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Impactos da condenação de carcaças e as estratégias de mitigação .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Características e limitações dos modelos de efeito fixo e efeitos aleatórios.....</b>	<b>18</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1. Caracterização da população amostral .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 Condenação Parcial de Carcaças .....</b>	<b>23</b>
<b>4,3 Condenação Total de Carcaças .....</b>	<b>26</b>
<b>4,4 Condenação por pododermatite.....</b>	<b>29</b>
<b>4,5 Considerações complementares sobre os resultados globais .....</b>	<b>32</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A inspeção sanitária de carcaças de frangos é uma etapa essencial no processamento avícola, garantindo a inocuidade dos alimentos e a qualidade higiênico-sanitária do produto. Segundo Saraiva et al. (2024), a inspeção ante e post-mortem é realizada para identificar e descartar carcaças que apresentem alterações patológicas, infecções sistêmicas e problemas de qualidade. O processo de condenação ocorre quando a carcaça não atende aos padrões mínimos definidos por regulamentações nacionais e internacionais, como as normativas do Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento (MAPA) no Brasil e as diretrizes da União Europeia (Törmä et al., 2024).

Dentre as principais causas de condenação incluem-se infecções bacterianas, miopatias, problemas metabólicos e fatores ambientais que comprometem a sanidade ou a qualidade de carcaça das aves. A literatura aponta que infecções por *Escherichia coli* são uma das principais causas de rejeição, seguidas por celulite e dermatite gangrenosa (Rezende, 2024). Além disso, síndromes metabólicas como ascite, decorrente de insuficiência cardiorrespiratória, também impactam significativamente o índice de condenação (Monteiro et al., 2022).

O Brasil está entre os maiores produtores e exportadores de carne de frango do mundo, desempenhando papel crucial no abastecimento global de proteína animal. No entanto, o setor avícola enfrenta desafios complexos, que variam conforme a região geográfica produtora e o sistema de criação adotado. A incidência de doenças e alterações na qualidade das carcaças está diretamente relacionada a fatores como densidade de alojamento, biossegurança, controle ambiental e linhagem das aves (Torezan, 2019). Hortêncio et al. (2022) destacam que fatores climáticos, práticas de manejo e estrutura dos aviários impactam diretamente a sanidade e qualidade de carcaça das aves. De acordo com Gregoratto (2024), melhorias na ventilação, no controle da umidade da cama e no manejo da densidade populacional têm impacto direto na redução de infecções bacterianas e miopatias. Além disso, a disseminação de patógenos de preocupação global, como *Salmonella spp.* e *Campylobacter spp.*, reforça a importância de protocolos rigorosos de segregação sanitária e higienização (Belintani et al., 2019).

De acordo com Belintani et al. (2019), aproximadamente 5% das carcaças abatidas em frigoríficos brasileiros sofrem algum tipo de condenação, valor este que representa um entrave significativo à eficiência econômica da cadeia produtiva. Frente ao exposto, a identificação e o estudo dos fatores determinantes na condenação de carcaças permitem a adoção de estratégias preventivas e corretivas com vistas à redução de perdas e melhoria de eficiência.

A indústria avícola já tem, como prática regular, a coleta e armazenamento de uma série de dados sobre o processo de criação dos animais, seu transporte ao abate e os índices de condenação de carcaças obtidos a cada lote. No entanto, organizar esses dados para uma análise estatística robusta e identificação de fatores significativos de condenação a serem trabalhados é bastante desafiador, principalmente porque o rigor científico tão necessário à garantia de construção de um banco de dados robusto, na maioria das vezes, é impraticável na rotina diária dos diferentes setores da indústria envolvidos neste processo de levantamento e registro de informações. Não por acaso, é comum encontrarmos nesses bancos de dados gigantescos, com mais de 4 ou 5 mil linhas de informações, grande dificuldade para o atendimento de premissas estatísticas à análise dos dados, além de um número muito elevado de dados discrepantes ou claramente com algum equívoco de registro.

Neste contexto, a presente pesquisa propõe uma análise comparativa entre dois métodos estatísticos diferentes para analisar um banco de dados industrial de condenação de frangos de corte. O primeiro, baseado em um modelo de efeito fixo, representado pela análise de variância convencional (ANOVA) seguida de teste de comparação múltipla. O segundo, baseado em um modelo de efeitos aleatórios, representado pelo modelo de máxima verossimilhança restrita (REML) seguida de metarregressão e análise de subgrupos. Os modelos de efeito fixo assumem constância nos efeitos explicativos em todas as unidades experimentais, o que garante certa rigorosidade no controle interno, porém limita o grau de generalização dos achados (Mustafa, 2023). Por outro lado, os modelos de efeitos aleatórios partem do pressuposto de que os efeitos variam entre os grupos experimentais, sendo extraídos de uma distribuição comum, o que permite maior generalização dos resultados, especialmente em contextos com alta heterogeneidade entre unidades, como no caso dos bancos de dados industriais (Bell; Fairbrother; Jones, 2019).

Dessa forma, o objetivo geral deste estudo foi identificar e hierarquizar fatores significativamente associados à condenação de carcaças de frangos de corte por meio da análise do histórico de condenação de um frigorífico de grande porte do Brasil, comparando-se os resultados obtidos ao se analisar o mesmo banco de dados com uso de dois modelos estatísticos distintos (efeito fixo e efeitos aleatórios), a fim de avaliar as possíveis divergências interpretativas e suas implicações para o estabelecimento de protocolos mais assertivos de mitigação do problema.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Inspeção sanitária e as principais causas de condenação de carcaças

A legislação brasileira estabelece um arcabouço normativo robusto para garantir a qualidade higiênico-sanitária dos produtos de origem animal. A Lei nº 1.283, de 1950 (Brasil, 1950), marco inicial da inspeção industrial e sanitária, foi posteriormente complementada pela Lei nº 7.889, de 1989 (Brasil, 1989), que ampliou e modernizou o sistema de inspeção. Mais recentemente, o Decreto nº 9.013, de 2017, conhecido como *Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)*, consolidou e atualizou as normas relativas ao abate e processamento de aves (Brasil, 2017), trazendo maior detalhamento sobre critérios de condenação de carcaças e exigências de bem-estar animal. Além disso, a Portaria nº 210, de 1998 (Brasil, 1998) permanece como referência normativa específica para o abate e a industrialização de aves, padronizando procedimentos de inspeção post-mortem e estabelecendo parâmetros técnicos que fundamentam as decisões de condenação parcial ou total das carcaças. Esses dispositivos legais formam a base regulatória que sustenta a atuação dos serviços de inspeção, assegurando não apenas a segurança alimentar, mas também a competitividade da avicultura brasileira no mercado nacional e internacional.

A inspeção de carcaças de frangos ocorre em duas fases principais: *ante-mortem*, que avalia a sanidade das aves vivas, e *post-mortem*, que analisa as carcaças e vísceras após o abate. A condenação pode ser parcial, quando apenas determinadas partes da carcaça são descartadas, ou total, quando a carcaça inteira é considerada imprópria para consumo (Hortêncio et al. 2022). A fiscalização dessas etapas visa evitar a contaminação do produto e garantir que apenas carnes em conformidade com os padrões sanitários cheguem ao consumidor.

Além disso, a inspeção sanitária desempenha um papel crucial na prevenção de doenças zoonóticas, que podem ser transmitidas do animal para o homem através do consumo de carne contaminada. O monitoramento contínuo das carcaças é essencial para identificar rapidamente surtos de infecções e adotar medidas sanitárias rigorosas para evitar a disseminação de patógenos.

A inspeção *ante-mortem* é realizada antes do abate e tem como objetivo identificar sinais clínicos de doenças, estresse ou condições que possam comprometer a qualidade da carne. Esse procedimento ocorre dentro do abatedouro, sob supervisão de médicos veterinários especializados, que avaliam a aparência, o comportamento e a resposta das aves a estímulos. Segundo Hortêncio et al. (2022), aves que apresentam sinais de doenças infecciosas, debilidade

extrema ou anormalidades são separadas para inspeção mais detalhada, podendo ser impedidas de seguir para o abate.

A inspeção *ante-mortem* também é fundamental para verificar o estado geral dos lotes e identificar tendências epidemiológicas, como surtos de doenças infecciosas. De acordo com Monteiro et al. (2022), o monitoramento das condições das aves nessa fase permite que medidas corretivas sejam implementadas antes mesmo do processamento, reduzindo os riscos de condenação em massa. O manejo adequado antes do abate contribui não apenas para reduzir o estresse das aves, mas também para garantir parâmetros zootécnicos e sanitários que evitam lesões, contaminações e outras condições que podem resultar em condenação de carcaças e comprometer a qualidade final da carne.

A inspeção *post-mortem*, por sua vez, ocorre logo após o abate e visa detectar anormalidades na carcaça e órgãos internos. Essa análise é realizada por técnicos treinados e veterinários, que verificam alterações como hemorragias, inflamações, tumores, fraturas, alterações na cor da carne e presença de lesões infecciosas. Segundo Belintani et al. (2019), a eficácia desse processo é fundamental para evitar a distribuição de carne contaminada ou de baixa qualidade. Além disso, a inspeção também auxilia na detecção de práticas irregulares, como a presença de resíduos de antibióticos, anticoccidianos ou outras substâncias de uso veterinário não autorizadas ou administradas em desacordo com os períodos de carência.

A condenação *post-mortem* pode ser motivada por diferentes fatores, como infecções bacterianas (por exemplo, *Salmonella spp.* e *Escherichia coli*), doenças virais e parasitárias, miopatias (*wooden breast*, *white striping*) e síndromes metabólicas como ascite e hepatomegalia (Rezende, 2024). A rigorosidade dessa inspeção reflete diretamente na segurança alimentar e na credibilidade da indústria avícola junto ao mercado consumidor.

É importante destacar que tanto a inspeção *ante-mortem* quanto a *post-mortem* estão subordinadas a critérios técnicos e sanitários rigorosamente definidos por normativas oficiais. Esses marcos regulatórios, estabelecidos por órgãos nacionais e alinhados a padrões internacionais, são fundamentais para assegurar a padronização dos procedimentos, garantir a inocuidade dos produtos de origem animal e preservar a credibilidade da indústria avícola perante os mercados interno e externo (Brasil, 1998; Brasil, 2017).

No Brasil, a inspeção de carcaças de frango é regulamentada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece critérios rigorosos para a avaliação sanitária de produtos de origem animal. As diretrizes seguem normativas internacionais, como as da FAO/WHO (Codex Alimentarius), da União Europeia (Eurolex), que estabelecem padrões de segurança alimentar e bem-estar animal. A legislação determina,

por exemplo, a proibição do consumo de carcaças que apresentem sinais de infecção generalizada, miopatias graves ou contaminação físico-química (Torezan, 2019).

A importância da fiscalização sanitária também se reflete na exportação de carne de frango. O Brasil é um dos maiores exportadores desse produto, e as exigências sanitárias dos países importadores são rigorosas. Desvios nos padrões de qualidade podem resultar em embargos comerciais e perdas econômicas significativas para a indústria avícola (Jaguezeski et al., 2020). Dessa forma, a adequação às normativas sanitárias internacionais é crucial para manter a competitividade do setor e garantir a segurança dos consumidores.

A modernização dos sistemas de inspeção, aliada à capacitação contínua dos profissionais envolvidos, é essencial para garantir maior eficiência e precisão na identificação de anormalidades. O uso de tecnologias inovadoras, como inteligência artificial e sensores de detecção rápida, tem se mostrado promissor para tornar o processo de inspeção mais ágil e confiável. Sistemas de visão computacional e aprendizado de máquina também tem sido explorados para identificar padrões irregulares em carcaças com maior confiabilidade (Machado et al., 2020; LI et al., 2022) Essa evolução tecnológica tem sido essencial para reduzir o erro humano e aumentar a eficiência do processo de inspeção.

Apesar do arcabouço normativo sólido e dos avanços tecnológicos empregados nos procedimentos de inspeção, as condenações de carcaças ainda constituem um desafio recorrente na cadeia produtiva avícola (Brasil, 2017). Compreender as causas mais frequentes desses descartes sejam elas de origem sanitária, metabólica ou operacional são fundamentais para o aprimoramento das estratégias de prevenção e controle (Hortêncio et al., 2022; Mendes et al., 2024). As causas mais recorrentes, conforme apontam diversas fontes da literatura técnico-científica, podem ser agrupadas em quatro categorias interdependentes: alterações musculares (miopatias), processos infecciosos, disfunções fisiológicas decorrentes de estresse metabólico e falhas na infraestrutura e no manejo zootécnico dos animais (Paula; Groff 2021; Ciui et al., 2023).

As miopatias musculares como *white striping*, *wooden breast* e *spaghetti meat*, são patologias degenerativas do tecido muscular estriado esquelético, amplamente associadas à seleção genética para ganho de peso rápido e ao manejo nutricional intensivo. Essas alterações comprometem diretamente a qualidade organoléptica e comercial da carne, sendo comumente detectadas na inspeção post-mortem. Estudos revelam taxas de prevalência elevadas: *white striping* em até 96 %, *spaghetti meat* em 36 %, e *wooden breast* grave em 11,8 %, com 85,1 % dos filés apresentando múltiplas miopatias simultaneamente associadas ao comprometimento da irrigação sanguínea e à disfunção da regeneração muscular, tais miopatias não apenas

depreciam o produto, mas indicam falhas sistêmicas no equilíbrio entre desempenho produtivo e bem-estar animal (Che et al., 2022).

No tocante às infecções bacterianas, destaca-se a colibacilose aviária, causada por *Escherichia coli*, que pode evoluir para septicemia e abscessos generalizados, motivando condenações totais por infecção sistêmica (Guabiraba; Schouwenburg, 2022). Outras infecções relevantes incluem a celulite aviária, frequentemente associada à umidade elevada da cama do aviário e à contaminação cruzada (Paula; Groff, 2021), além de quadros de salmonelose e clostridiose, que representam riscos potenciais à saúde pública (Ciui et al., 2023). A alta densidade de alojamento, somada à deficiência nos protocolos de biossegurança, favorece a disseminação desses agentes patogênicos, especialmente em ambientes com ventilação inadequada e manejo sanitário ineficiente (Hortêncio et al., 2022; Mendes et al., 2024).

Dentre as disfunções fisiológicas, ascite e estresse térmico merecem destaque pela elevada prevalência nos sistemas produtivos nacionais. A ascite, associada à insuficiência cardiorrespiratória, é exacerbada por fatores como baixa oxigenação, crescimento rápido e deficiência no controle ambiental. Já o estresse térmico, particularmente durante períodos de alta temperatura, compromete o equilíbrio metabólico das aves, resultando em alterações hemodinâmicas, desequilíbrios ácido-base e maior suscetibilidade a lesões musculares e infecciosas.

Por fim, os fatores estruturais e de manejo desempenham papel crítico na determinação dos índices de condenação. Ambientes com ventilação deficiente, cama excessivamente úmida, intervalos sanitários insuficientes entre lotes e falta de higienização adequada dos equipamentos favorecem a persistência de patógenos e a reincidência de surtos infecciosos (Brasil, 2017; Paula; Groff, 2021). A ausência de monitoramento de parâmetros como amônia, umidade e temperatura potencializa os riscos de comprometimento sanitário e acentua as perdas associadas à condenação de carcaças (Hortêncio et al., 2022). Dessa forma, a abordagem integrada entre genética, nutrição, ambiência e biossegurança constitui estratégia essencial para mitigar os fatores determinantes das condenações e promover maior eficiência na cadeia avícola industrial (Mendes et al., 2024).

Compreendidas as principais causas que motivam a condenação de carcaças de frangos, torna-se imprescindível analisar os impactos que essas ocorrências geram ao longo da cadeia produtiva. As consequências extrapolam o descarte pontual do produto, afetando a eficiência operacional, a sustentabilidade econômica e a competitividade do setor avícola como um todo.

## 2.2 Impactos da condenação de carcaças e as estratégias de mitigação

A condenação de carcaças de frangos representa um dos desafios mais significativos para a indústria avícola, impactando diretamente a eficiência produtiva, os custos operacionais e a sustentabilidade do setor. Além dos prejuízos econômicos associados à perda de matéria-prima, há também repercussões ambientais e sanitárias que afetam toda a cadeia produtiva (Hortêncio et al., 2022). O aumento da condenação também pode impactar a competitividade das empresas no mercado nacional e internacional, uma vez que países importadores exigem altos padrões de qualidade sanitária (Törmä et al., 2024). Portanto, o controle rigoroso das condições de criação e abate das aves é essencial para minimizar esses impactos e garantir a sustentabilidade da produção.

Entre os diversos impactos gerados pela condenação de carcaças, destacam-se os prejuízos econômicos diretos e indiretos, que comprometem a rentabilidade dos produtores e a competitividade da indústria avícola como um todo. As perdas econômicas decorrentes da condenação de carcaças de frangos envolvem não apenas o descarte da carne imprópria para consumo, mas também o investimento desperdiçado em alimentação, manejo, medicamentos e estrutura produtiva (Backes; Matos, 2024). Segundo estudos recentes, a condenação de carcaças pode representar entre 2% e 5% da produção total de um frigorífico, impactando diretamente o faturamento das empresas do setor (Monteiro et al., 2022). Esses valores variam de acordo com a eficiência sanitária, as condições climáticas e os protocolos de biosseguridade adotados em cada unidade produtiva.

Além da perda financeira direta, há um impacto indireto relacionado ao aumento dos custos de produção. Para compensar a condenação, os produtores precisam ajustar seus processos e investir em tecnologias que minimizem os fatores de risco (Gregoratto, 2024). Esse cenário pode levar a um aumento no preço final do produto, reduzindo a competitividade da carne de frango em mercados nacionais e internacionais. Com isso, empresas que apresentam altos índices de condenação podem ter dificuldades para expandir sua atuação, uma vez que sua rentabilidade é reduzida.

O desperdício de recursos naturais também é um fator preocupante. A condenação de carcaças implica o descarte de grandes volumes de matéria-prima, resultando em maior demanda por áreas de descarte e aumento da geração de resíduos orgânicos (Saraiva et al., 2024). O processamento inadequado desses resíduos pode acarretar riscos ambientais, como a contaminação de solo e água (Ciui et al., 2023). Empresas que não adotam práticas sustentáveis

de destinação de resíduos podem enfrentar sanções regulatórias e prejuízos à imagem institucional (De Carli, 2019).

Adicionalmente, a necessidade de descartar carcaças condenadas aumenta os custos logísticos da indústria avícola (Torezan, 2019). O transporte e a destinação final dessas carcaças exigem investimentos em infraestrutura adequada, além de custos operacionais adicionais relacionados ao tratamento dos resíduos (Krindges, 2022). Em alguns casos, empresas precisam destinar essas carcaças para a produção de farinhas e óleos de origem animal, mas mesmo essas alternativas demandam processos específicos e encarecem a operação (Rezende, 2024).

Considerando a magnitude dos prejuízos econômicos, logísticos e ambientais decorrentes da condenação de carcaças, torna-se imperativa a adoção de estratégias eficazes de prevenção e controle ao longo da cadeia produtiva. A implementação de boas práticas sanitárias, aliada ao uso de tecnologias inovadoras e à capacitação técnica dos profissionais, constitui o caminho mais promissor para mitigar perdas e assegurar a sustentabilidade da indústria avícola.

Uma das principais medidas de prevenção às condenações é o fortalecimento das práticas de biossegurança nos aviários (Jaguezeski et al., 2020). O controle rigoroso do ambiente de produção, incluindo a higiene das instalações, o monitoramento da densidade populacional e a ventilação adequada, pode reduzir significativamente a incidência de infecções bacterianas e doenças metabólicas (Backes; Matos, 2024). Programas de vacinação, aliados a um controle rigoroso da qualidade da ração e da água fornecida às aves, também contribuem para a prevenção de enfermidades que resultam em condenação (Monteiro et al., 2022).

A capacitação contínua dos profissionais envolvidos na cadeia produtiva é outra estratégia eficaz (Albarelo; Balbinot, 2022). Trabalhadores bem treinados são capazes de identificar sinais precoces de doenças e adotar medidas corretivas antes que os problemas se agravem. Além disso, a adoção de boas práticas de manejo durante o transporte e o abate minimiza os danos físicos às aves, reduzindo a ocorrência de fraturas, hematomas e miopatias associadas ao estresse térmico (Törmä et al., 2024).

Outro aspecto fundamental na redução das condenações é o uso de tecnologias avançadas no monitoramento da produção. Sistemas de inteligência artificial e análise de dados têm sido empregados para prever surtos de doenças e otimizar o manejo dos lotes (Machado et al., 2020; LI et al., 2022). Além disso, a inspeção automatizada por meio de sensores e câmeras térmicas melhora a detecção precoce de anomalias, garantindo maior precisão na avaliação sanitária das carcaças (Fernandes et al., 2021). Além das ações dentro dos aviários e frigoríficos, é fundamental que haja uma fiscalização rigorosa por parte dos órgãos reguladores para garantir

a conformidade com as normas sanitárias (Brasil, 2017; De Carli, 2019). Inspeções regulares e auditorias em toda a cadeia produtiva ajudam a identificar pontos críticos e implementar melhorias contínuas. (Torezan, 2019).

Por fim, a harmonização das regulamentações sanitárias entre os mercados nacionais e internacionais contribui para a melhoria dos padrões de qualidade e segurança da carne de frango (Krindges, 2022). O alinhamento das normas favorece a exportação e amplia a competitividade das empresas brasileiras no cenário global (Rezende, 2024).

Embora as estratégias de prevenção e controle apresentem alto potencial para reduzir as taxas de condenação, sua efetividade pode variar significativamente de acordo com o contexto regional em que são implementadas. Diferenças climáticas, estruturais, sanitárias e logísticas influenciam diretamente os resultados obtidos, exigindo abordagens adaptadas às condições locais. Nesse sentido, estudos comparativos entre diferentes polos produtores tornam-se fundamentais para identificar os fatores regionais mais críticos e orientar intervenções mais precisas e eficazes.

A análise comparativa entre diferentes regiões produtoras de frangos permite compreender melhor os fatores que influenciam a condenação de carcaças e as estratégias de mitigação mais eficazes. No Brasil, Sudeste e Sul são dois importantes polos avícolas, apresentando características distintas que impactam a produção e os índices de condenação. As diferenças sanitárias e climáticas entre essas regiões influenciam diretamente a qualidade das carcaças e a implementação de medidas preventivas adequadas. Hortêncio et al. (2022) destacam que o Sul, por concentrar elevada densidade de criação e representar o principal polo de exportação nacional, enfrenta desafios sanitários mais expressivos. Por outro lado, Mendes et al. (2024) ressaltam que o Sudeste tem se beneficiado de investimentos recentes em novas instalações e modelos de negócio, favorecendo melhores condições de manejo, maior biossegurança e maior rentabilidade para os produtores.

Sudeste e sul possuem estruturas sanitárias diferenciadas devido à localização geográfica e ao desenvolvimento histórico da avicultura em cada região geográfica. Sul se destaca como um dos maiores polos avícolas do país, com um sistema de produção altamente tecnificado e um controle sanitário rigoroso, influenciado pelas exigências do mercado internacional. A região geográfica abriga diversas agroindústrias e frigoríficos que operam sob rígidos padrões de inspeção, garantindo a conformidade com normativas internacionais.

Por outro lado, o Sudeste, apesar de ser um importante centro produtor, também enfrenta desafios relacionados à manutenção da infraestrutura sanitária e ao controle de surtos de doenças aviárias. A região apresenta condições que favorecem a ocorrência de enfermidades

como colibacilose e salmonelose, exigindo monitoramento constante para evitar surtos e perdas significativas na produção (Monteiro et al., 2022). Além disso, a menor proximidade de portos e centros exportadores pode dificultar a adoção de normativas internacionais mais restritivas, o que reforça a necessidade de investimentos contínuos em biossegurança e gestão da cadeia produtiva.

A distribuição de unidades de inspeção sanitária também difere entre as regiões. No Sul, há uma concentração maior de frigoríficos certificados para exportação, o que impõe um controle sanitário mais rigoroso desde a criação das aves até o abate. Já no Sudeste, a produção é voltada principalmente para o mercado interno, o que pode gerar variações nos protocolos de biossegurança e nas estratégias de manejo para redução de condenações.

O clima exerce um papel determinante na saúde das aves e na qualidade das carcaças. No Sul, o Brasil apresenta um clima mais próximo do temperado, com invernos rigorosos e verões moderados. Essa condição climática favorece a redução da proliferação de algumas doenças bacterianas e parasitárias, reduzindo os índices de condenação por infecções sistêmicas. No entanto, os períodos frios intensos podem impactar a conversão alimentar das aves e aumentar o risco de distúrbios metabólicos, como a ascite (Hortêncio et al., 2022).

Já no Sudeste, o país apresenta clima tropical, caracterizado por temperaturas elevadas durante grande parte do ano. Esse fator favorece a ocorrência de estresse térmico, afetando diretamente o desempenho das aves e aumentando a incidência de miopatias, como *wooden breast* e *white striping* (Matos et al., 2023). O calor excessivo também intensifica os desafios sanitários, exigindo maior controle da ventilação nos aviários e estratégias para minimizar a desidratação das aves.

Outro impacto da variabilidade climática na qualidade das carcaças está relacionado ao manejo da ambiência nos aviários. Em regiões de clima quente, a ventilação inadequada e a alta densidade populacional podem levar ao aumento da umidade no ambiente, favorecendo a proliferação de bactérias como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (Saraiva et al., 2024). Já em climas mais frios, a menor circulação de ar e o acúmulo de gases, como amônia, podem comprometer a saúde respiratória das aves, contribuindo para quadros de infecção e, consequentemente, para o aumento das condenações.

As diferenças climáticas também influenciam a composição das rações fornecidas às aves. Em regiões mais frias, há a necessidade de fornecer dietas mais energéticas para compensar a maior demanda metabólica das aves no inverno, enquanto em climas mais quentes, a formulação das rações precisa ser adaptada para reduzir o incremento calórico do alimento e, consequentemente, evitar a geração em excesso de calor metabólico.



Em síntese, procuramos mostrar até aqui a complexidade do fenômeno de condenação de carcaças e a multiplicidade de fatores que o influenciam. Para que tais variações sejam compreendidas de forma mais precisa e generalizável, faz-se necessário o uso de ferramentas estatísticas que permitam detectar, com maior assertividade, a influência de variáveis ambientais, sanitárias e zootécnicas sobre os índices de condenação. Nesse contexto, a escolha do melhor modelo estatístico a ser empregado para mensurar e explicar as heterogeneidades dos bancos de dados de condenação da indústria avícola é parte fundamental do processo de tomada de decisão em diferentes realidades produtivas.

### **2.3 Características e limitações dos modelos de efeito fixo e efeitos aleatórios**

A análise estatística de dados complexos, como os oriundos do histórico de condenações de plantas frigoríficas, requer modelos capazes de detectar e explicar a sua heterogeneidade intrínseca. No contexto da avicultura industrial, em que fatores ambientais, tecnológicos e zootécnicos interagem de forma não uniforme sobre as métricas de condenação, a escolha do modelo estatístico adequado assume papel decisivo na acurácia e no grau de generalização dos resultados obtidos.

Diferentemente dos modelos de efeito fixo, que consideram os efeitos dos grupos como constantes e não generalizáveis além da amostra observada, os modelos de efeitos aleatórios assumem que os efeitos associados aos grupos (por exemplo, regiões, tipos de aviário, sexo das aves, densidade de alojamento) são amostras extraídas de uma distribuição populacional maior. Essas variações são incorporadas ao modelo por meio de uma estrutura probabilística, o que permite estimar tanto os efeitos médios globais quanto a variabilidade entre os grupos. Essa abordagem é particularmente indicada quando se objetiva realizar inferências para além da amostra analisada (Borenstein et al., 2009).

As estimativas de variabilidade geradas pelos modelos de efeitos aleatórios são comumente representadas pelas métricas  $\text{Tau}^2$  ( $\tau^2$ ) e  $I^2$ . A primeira quantifica a variância entre os efeitos verdadeiros dos grupos, enquanto a segunda estima a proporção da heterogeneidade total decorrente das diferenças qualitativas entre as amostras, excluindo o erro amostral (Huedo-Medina et al., 2006). A utilização dessas métricas é especialmente relevante para a análise de bancos de dados históricos e de grande volume, como o deste estudo, pois possibilita compreender a magnitude e a natureza das variações entre os diferentes estratos analisados.

Além disso, os modelos de efeitos aleatórios atribuem pesos distintos às observações, de acordo com sua precisão e tamanho amostral. Essa ponderação confere maior fidelidade às

estimativas, já que observações com maior número de aves e menor variabilidade influenciam mais fortemente a média ponderada da variável estudada. Em contrapartida, os modelos de efeito fixo consideram pesos iguais para todas as observações, o que pode distorcer a interpretação dos resultados em bancos de dados com alta dispersão e amostras desiguais (Borenstein, 2024). Conforme argumentam IntHout et al. (2014), modelos de efeitos aleatórios são recomendados sempre que se espera que os efeitos verdadeiros variem entre os grupos analisados, o que é a regra em estudos aplicados à produção animal em larga escala.

Assim, a principal vantagem do uso de modelos de efeitos aleatórios reside em sua capacidade de generalização dos achados, pois os efeitos estimados não se limitam à amostra observada, mas podem ser extrapolados para a população de interesse de forma mais assertiva. Isso é particularmente relevante em estudos aplicados à indústria agroalimentar, como o presente, nos quais a tomada de decisão se baseia na identificação de tendências populacionais e não apenas em comportamentos específicos de grupos pontuais. Ou seja, enquanto na análise por modelos de efeito fixo estamos verificando a significância ou não de fatores que atuaram no passado (aplicabilidade limitada à amostra em investigação), na análise por modelos de efeitos aleatórios estamos inferindo sobre a significância desses mesmos fatores no futuro (aplicabilidade à toda a população, não apenas à amostra em investigação). Sob esta ótica, protocolos mais assertivos para mitigação da condenação de carcaças podem ser estabelecidos a partir dos resultados da análise de um banco de dados histórico por meio de modelos de efeitos aleatórios.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Um experimento foi conduzido para comparar diferentes estratégias de análise estatística em um banco de dados industrial proveniente de integração avícola de grande porte do Brasil. O banco de dados apresentava uma série histórica de informações relativas a lotes de frangos de corte da linhagem Ross, criados e abatidos entre 2022 e 2024, em duas unidades distintas da agroindústria: uma localizada na região geográfica Sudeste e outra na região geográfica Sul. Ao todo, o banco de dados apresentava 6.538 linhas, cada uma representando todas as cargas de um mesmo produtor integrado cujas aves foram abatidas ao longo de um mesmo dia de processamento.

Em cada linha, além da identificação da data de abate (dia/mês/ano) e do nome do produtor, uma série de outros dados qualitativos eram apresentados: i) regional de abate (Sul, Sudeste); ii) estação de abate (primavera, verão, outono, inverno); iii) tipo de aviário (dark

house, pressão negativa com cortinas translúcidas ou pressão positiva); iv) sexo do lote em abate (macho, fêmea, misto); v) densidade de alojamento (aves/m<sup>2</sup>); vi) peso ao alojamento (kg); vii) mortalidade total do lote (%); viii) ganho de peso diário (kg/dia); ix) idade de abate (dias); x) peso médio ao abate (kg); xi) densidade final do lote imediatamente antes de abate (kg/m<sup>2</sup>); xii) nº de lotes da cama; xiii) tempo de intervalo entre lotes (dias). Tais dados foram utilizados como tratamentos/moderadores na análise estatística. Em seguida, cada linha também trazia dados quantitativos referentes à condenação de carcaças: i) total de aves abatidas; ii) total de aves condenadas (condenação parcial, condenação total e pododermatite). Para a análise dos dados, linhas que representassem informações de abate de lotes provenientes de produtores/núcleos de produção com diferentes tipos de aviário foram excluídas do banco de dados (n=49). Feito isso, o banco de dados final, com 6489 linhas de informação, foi submetido à análise por meio de modelo de efeito fixo.

Para tanto, a variável porcentagem de condenação (nº aves condenadas / nº total de aves abatidas) foi criada. Os pressupostos de normalidade de resíduos studentizados (Shapiro Wilk) e homogeneidade de variâncias entre tratamentos (Levene) foram verificados. Observações com resíduo studentizado >3,5 ou <-3,5 foram consideradas discrepantes e, conseqüentemente, excluídas do banco de dados. Uma vez atendidos tais pressupostos, o banco de dados foi submetido à análise de variância (one-way ANOVA), adotando-se cada categoria de dados qualitativos como tratamentos independentes. Somente efeitos principais de cada tratamento foram verificados, não sendo investigadas eventuais interações entre eles. Em caso de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Em todas as etapas, um nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ) foi adotado.

Em seguida, o banco de dados foi agrupado por similaridade entre as características: região geográfica, classe do produtor, estação do ano, tipo de aviário e sexo dos animais. Tal procedimento foi realizado com auxílio da fórmula “único” no Excel, que concatenou todas as linhas que apresentavam o mesmo conjunto de informações referentes às cinco características qualitativas acima descritas. Nesta linha concatenada, valores médios de densidade ao alojamento, peso ao alojamento, mortalidade, ganho de peso diário, idade de abate, peso ao abate, densidade final, número de reutilizações da cama, e dias em vazio sanitário antes do alojamento foram gerados. Além disso, para cada linha concatenada também foi calculado o total de aves abatidas e condenadas resultante da somatória desses valores em cada linha original. Desta forma, geramos um banco de dados com o mesmo somatório final de aves abatidas e condenadas que o banco de dados usado na ANOVA, porém, distribuídas em apenas 163 linhas de informação.

O banco de dados com 163 linhas foi submetido à análise por modelo de efeitos aleatórios (REML), o qual atribuiu pesos distintos a cada observação com base no número de aves abatidas que ela representava, conforme o método do inverso da variância. Com isso, foram obtidas médias ponderadas para os percentuais de condenação, calculados pela razão entre o número de aves condenadas e o total de aves abatidas. A significância estatística dessas médias foi avaliada por meio do teste Z, enquanto a heterogeneidade entre as linhas foi estimada pelas métricas  $\text{Tau}^2$  (heterogeneidade total) e  $I^2$  (heterogeneidade livre do erro amostral). Diante da presença de heterogeneidade significativa, procedeu-se à meta-regressão e à análise de subgrupos, com o intuito de identificar e quantificar a influência das variáveis qualitativas sobre os níveis de condenação. Em ambas as abordagens estatísticas (ANOVA e REML), as variáveis dependentes analisadas foram: percentual de condenação parcial de carcaças, percentual de condenação total de carcaças e percentual de condenação por pododermatite (também conhecido como calo de pata).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização da população amostral

A etapa de análise estatística foi desenvolvida com base em uma amostra consolidada de 266.945.802 aves abatidas, provenientes de plantas frigoríficas localizadas nas regiões Sudeste ( $n=154.492.221$  aves) e Sul ( $n=112.453.581$  aves) do Brasil. A população analisada era composta por 214.208.113 aves do sexo masculino (80,24%), 28.936.101 aves do sexo feminino (10,84%) e 23.801.588 aves provenientes de lotes não sexados (8,92%). A maior parte das aves foi criada em aviário do tipo *Dark House* ( $n=175.991.027$ ), em uma densidade média de 13,38 aves/m<sup>2</sup>, sendo abatidas em proporções relativamente equilibradas entre as quatro estações do ano.

Observou-se ainda que, em termos de peso inicial ao alojamento, predominou a categoria de pintos com até 0,040 kg, representando 65% dos lotes. A média de idade das matrizes dos frangos foi de 45 semanas, com destaque para a faixa de 42 a 49 semanas, que concentrou mais da metade dos registros. Em relação ao desempenho produtivo, a média de ganho de peso diário foi de 66,41 g, com maior concentração entre 60 e 70 g/dia.

Quanto ao tipo de aviário, além do *Dark House*, observaram-se sistemas com pressão negativa e cortinas translúcidas e pressão positiva, embora em menor proporção. A idade média de abate dos lotes foi de 46 dias, e o peso médio ao abate situou-se em 2,779 kg. A densidade final dos lotes, medida antes do abate, variou entre 29 e 50 kg/m<sup>2</sup>, com média geral de 39,56 kg/m<sup>2</sup>.

As taxas de mortalidade total e no transporte permaneceram baixas, com média de 4,65% e 0,14%, respectivamente. A maioria dos lotes apresentou intervalo sanitário entre 10 e 20 dias, e o número de reutilizações da cama variou entre 1 (cama nova) e 77, com média de 22,15 reutilizações.

Essa caracterização geral da população fornece o contexto necessário para a compreensão dos desfechos analisados nos tópicos subsequentes, permitindo associar fatores produtivos e sanitários aos percentuais de condenação observados.

## 4.2 Condenação Parcial de Carcaças

A análise dos dados por ANOVA revelou uma média aritmética de 0,284% de condenação parcial de carcaças em todo o período avaliado (Tabela 1). Tal resultado foi gerado por um total de 6483 linhas de informação, sendo 6 linhas excluídas do banco de dados original por serem identificadas como outliers. Dentre os 13 moderadores investigados como possíveis influenciadores de condenação, somente a idade de abate não mostrou impacto significativo sobre a magnitude de condenação ( $p=0,351$ ). Todos os outros moderadores interferiram de modo significativo ( $p<0,05$ ) sobre a condenação parcial de carcaças. Em resumo, maiores níveis de condenação foram observados na região geográfica sudeste ( $p<0,001$ ), durante o inverno ( $p<0,001$ ), em aviários do tipo pressão negativa ( $p<0,001$ ), em aves do sexo masculino ou em lotes mistos ( $p=0,005$ ). Lotes alojados em densidades mais altas ( $p<0,001$ ), com maiores níveis de mortalidade total ( $p<0,001$ ), bem como aqueles com peso médio inicial entre 43 e 45 g ( $p<0,001$ ), condenaram mais carcaças. Curiosamente, lotes com maior GPD ( $p<0,001$ ) e maior peso ao abate ( $p<0,001$ ) demonstraram menores valores de condenação parcial de carcaças. Quanto maiores a densidade final do lote ( $p<0,001$ ) e o número de reutilizações da cama ( $p<0,001$ ), maiores os valores de condenação. Por outro lado, quanto menor o período de intervalo entre lotes, maior o percentual de carcaças parcialmente condenadas ( $p<0,001$ ).

A análise dos dados de condenação parcial de carcaças pelo REML gerou uma média ponderada de condenação de carcaças de 0,270% (Tabela 1), valor significativamente diferente de zero ( $p<0,001$ ), oriundo de 163 linhas de informação previamente concatenadas do banco de dados original em função da similaridade das linhas para os moderadores região geográfica, classe do produtor, estação do ano, tipo de aviário e sexo dos animais. Para esta análise, nenhum outlier foi identificado.

A média ponderada de condenação parcial de carcaças, porém, foi gerada de um banco de dados com elevada heterogeneidade ( $I^2=99,84\%$ ,  $p<0,001$ ), indicativo de que essa média geral não se aplica de forma universal à população de frangos, uma vez que sofre influência de moderadores que aumentam ou diminuem o seu valor. Para identificar os moderadores significativos, foi conduzida a metarregressão dos dados de condenação em função dos 13 moderadores em análise.

**Tabela 1** - Resultados da ANOVA e REML para condenação parcial de carcaças (CPC, %)

MODERADOR	ANOVA			REML			
	CPC (%)	k	p	CPC (%; IC 95%)	k	p	R <sup>2</sup>
<b>Regional</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>25,58</b>
Sul	0,25 B	4399	-	0,21 B	72	<0,001	-
Sudeste	0,35 A	2084	-	0,32 A	91	<0,001	-
<b>Estação ano</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,120</b>	<b>0,82</b>
Inverno	0,33 A	1626	-	-	-	-	-
Primavera	0,28 B	1560	-	-	-	-	-
Outono	0,26 C	1624	-	-	-	-	-
Verão	0,26 C	1673	-	-	-	-	-
<b>Tipo aviário</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,042</b>	<b>2,16</b>
Pressão Positiva	0,22 C	1898	-	0,24 C	48	-	-
Dark House	0,30 B	3181	-	0,30 A	61	-	-
Pressão Negativa	0,34 A	1404	-	0,29 B	54	-	-
<b>Sexo</b>	-	<b>6483</b>	<b>0,005</b>	-	<b>163</b>	<b>0,329</b>	<b>0,06</b>
Macho	0,29 A	5592	-	-	-	-	-
Fêmea	0,26 B	647	-	-	-	-	-
Misto	0,31 A	244	-	-	-	-	-
<b>Densidade alojamento (aves/m2)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>11,79</b>
< 12	0,23 D	990	-	0,20 D	11	<0,001	-
12 a 13	0,25 C	1324	-	0,24 C	32	<0,001	-
13 a 14	0,29 B	1883	-	0,27 B	72	<0,001	-
>= 14	0,32 A	2286	-	0,32 A	48	<0,001	-
<b>Peso alojamento (g)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,724</b>	<b>0</b>
< 0,041	0,27 B	1324	-	-	-	-	-
0,041 a 0,043	0,28 AB	1125	-	-	-	-	-
0,043 a 0,045	0,30 A	1453	-	-	-	-	-
>0,045	0,28 B	2581	-	-	-	-	-
<b>Mort total (%)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,040</b>	<b>2,09</b>
< 3,5	0,26 B	1079	-	0,24 C	15	<0,001	-
3,5 a 5,0	0,21 B	1786	-	0,26 B	56	<0,001	-
5,0 a 6,5	0,29 A	1532	-	0,29 A	64	<0,001	-
>= 6,5	0,30 A	2086	-	0,29 A	28	<0,001	-
<b>GPD (kg/dia)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,449</b>	<b>0</b>
< 0,062	0,29 AB	972	-	-	-	-	-
0,062 a 0,065	0,31 A	959	-	-	-	-	-
0,065 a 0,068	0,29 AB	1292	-	-	-	-	-
>= 0,068	0,27 B	3260	-	-	-	-	-
<b>Idade abate (d)</b>	-	<b>6483</b>	<b>0,351</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>11,96</b>
< 41	0,29	2057	-	0,37 A	15	<0,001	-
41 a 43	0,28	2160	-	0,29 B	67	<0,001	-
43 a 45	0,29	1200	-	0,27 C	41	<0,001	-
>= 45	0,27	1066	-	0,22 D	40	<0,001	-
<b>Peso abate (kg)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>9,43</b>
< 2,600	0,31 A	787	-	0,31 A	18	<0,001	-
2,600 a 2,750	0,30 A	1060	-	0,31 A	56	<0,001	-
2,750 a 2,900	0,29 AB	1450	-	0,28 B	35	<0,001	-
>= 2,900	0,27 B	3186	-	0,23 C	54	<0,001	-
<b>Densidade final (kg/m2)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,879</b>	<b>0</b>
< 32	0,26 C	1062	-	-	-	-	-
32 a 35	0,27 C	1370	-	-	-	-	-
35 a 38	0,29 B	1610	-	-	-	-	-
>= 38	0,30 A	2441	-	-	-	-	-
<b>N lotes cama</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>18,47</b>
< 12	0,25 B	2160	-	0,19 D	24	<0,001	-
12 a 24	0,27 B	1650	-	0,23 C	47	<0,001	-
24 a 36	0,33 A	1174	-	0,33 A	69	<0,001	-
>= 36	0,32 A	1499	-	0,30 B	23	<0,001	-
<b>Intervalo entre lotes (d)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>12,32</b>
< 12	0,32 A	1636	-	0,31 A	42	<0,001	-
12 a 14	-	0	-	0,30 B	57	<0,001	-
14 a 16	0,29 B	2446	-	0,23 C	47	<0,001	-
> 16	0,26 C	2401	-	0,21 D	17	<0,001	-
<b>ESTATÍSTICA DESCRITIVA</b>							
<b>Média</b>	0,284	6483	-	0,270	163	<0,001	-
<b>EPM</b>	0,003	6483	-	0,0001	163	-	-

k = número de linhas; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação da metarregressão para cada moderador, Médias de CPC seguidas de mesma letra, dentro de cada moderador, não diferem entre si pelo (p>0,05) teste de Tukey (ANOVA) ou análise de subgrupos (REML). Somente moderadores significativos desencadearam a análise de subgrupos.

Diferente dos resultados obtidos na ANOVA, apenas região geográfica ( $p < 0,001$ ), densidade de alojamento ( $p < 0,001$ ), mortalidade de campo ( $p = 0,040$ ), idade de abate ( $p < 0,001$ ), peso ao abate ( $p < 0,001$ ), número de reutilizações da cama ( $p < 0,001$ ) e intervalo entre lotes ( $p < 0,001$ ) foram detectados como influenciadores significativos da condenação parcial de carcaças. Aqueles que mais explicaram as variações nos valores de condenação foram região geográfica ( $R^2 = 25,58\%$ ), número de reutilizações da cama ( $R^2 = 18,47\%$ ), intervalo entre lotes ( $R^2 = 12,32\%$ ) e densidade de alojamento ( $R^2 = 11,79\%$ ). De modo resumido, maiores níveis de condenação foram obtidos na região geográfica sudeste, em lotes criados em cama com maior quantidade de reutilizações, provenientes de alojamentos com menos dias de intervalo entre lotes e maiores densidades de alojamento.

Comparando-se os resultados obtidos pelas duas estratégias de análise (ANOVA x REML), fica clara a maior objetividade dos resultados obtidos pelo modelo de efeitos aleatórios. Tal constatação se sustenta por diferentes achados: i) ausência de outliers identificados no banco de dados por este método de análise, consequência do processo de concatenação que aumenta o tamanho amostral de cada linha de informação e, consequentemente, amplia a precisão das estimativas médias de condenação; ii) menor número de moderadores significativos e a possibilidade de sua hierarquização pelo grau de influência sobre a média de condenação de carcaças, o que facilita o processo de tomada de decisão para mitigação da condenação pois permite a rápida identificação dos fatores principais a serem trabalhados neste processo; iii) possibilidade de extrapolação dos resultados para a população de frangos, característica que diferencia o grau de aplicabilidade dos resultados de análise por modelos de efeitos aleatórios e modelo fixo, uma vez que o último não permite a extrapolação dos resultados para além da população amostral investigada.

Importante observar, também, que todos esses aspectos, em especial a maior precisão das estimativas de condenação pelo modelo de efeitos aleatórios, não só permitiu eliminar uma série de moderadores que na ANOVA foram identificados como influenciadores significativos da magnitude de condenação, como também gerou maior poder estatístico para detecção da idade de abate como um moderador significativo para esta variável, algo que não foi possível com o uso da ANOVA. Além disso, fica evidente nos resultados gerados pelo REML que algumas informações têm menor robustez do que outras, em função da pouca representatividade (número de linhas) para o cálculo da média ponderada de condenação. São exemplos os dados provenientes de animais criados em densidade de alojamento inferior a 12 aves/m<sup>2</sup> ( $k = 11$ ), de lotes com mortalidade de campo inferior a 3,5% ( $k = 15$ ) e abatidos com idade inferior a 41 dias ( $k = 15$ ). Tais resultados foram gerados com um número máximo de 15 dias de ocorrência ao



longo dos três anos de período de coleta, Desta forma, recomendamos maior cautela no uso dos valores de média ponderada de condenação nessas situações e sugerimos que maior foco seja direcionado, pela indústria, ao levantamento de mais dados com essas características para que futuramente um novo banco de dados permita a geração dessas estimativas com maior robustez,

#### **4,3 Condenação Total de Carcaças**

A média geral de condenação total de carcaças observada no banco de dados foi de 0,531%, com erro padrão da média de 0,007 (Tabela 2), Os resultados obtidos por meio da ANOVA evidenciaram diferenças significativas entre a maioria dos grupos avaliados, com destaque para as variáveis região geográfica, tipo de aviário, sexo das aves, mortalidade total do lote, ganho de peso diário (GPD), peso corporal ao abate, peso médio aos 35 dias, densidade de alojamento final, mortalidade no transporte, número de reutilizações da cama e intervalo sanitário entre lotes ( $p < 0,05$ ),

A condenação total foi significativamente maior na região geográfica Sul (0,647%) em comparação com o Sudeste (0,287%), o que reforça a necessidade de atenção às especificidades regionais no controle sanitário e de manejo, Em relação ao tipo de aviário, sistemas com pressão positiva apresentaram as maiores médias de condenação total (0,592%), enquanto sistemas com pressão negativa registraram os menores índices (0,332%), Esses achados podem estar relacionados à eficiência de ventilação, controle de ambiência e densidade populacional em cada modelo de instalação,

Quanto ao sexo das aves, lotes compostos por machos apresentaram médias superiores de condenação (0,576%) em relação às fêmeas (0,234%) e aos lotes mistos (0,297%), Esse padrão pode refletir diferenças fisiológicas, metabólicas ou de comportamento entre os sexos, impactando a susceptibilidade às enfermidades sistêmicas,

A análise por REML, por sua vez, revelou alta heterogeneidade entre os subgrupos avaliados ( $I^2 = 99,97\%$ ), justificando o uso do modelo de efeitos aleatórios (Tabela 2), A média ponderada geral estimada para a condenação total de carcaças foi de 0,39%, com intervalo de confiança de 95% entre 0,35% e 0,44%, A análise de metarregressão indicou efeito significativo de moderadores como sexo, GPD, idade de abate, peso ao abate, mortalidade total, densidade final, número de reutilizações da cama e intervalo entre lotes ( $p < 0,05$ ), corroborando apenas parcialmente com os achados da ANOVA,

**Tabela 2** - Resultados da ANOVA e REML para condenação total de carcaças (CTC, %)

MODERADOR	ANOVA			REML			
	CTC (%)	k	p	CTC (%; IC 95%)	k	p	R <sup>2</sup>
<b>Regional</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>30,68</b>
Sul	0,65 A	4397	-	0,58 A	72	<0,001	-
Sudeste	0,29 B	2087	-	0,25 B	91	<0,001	-
<b>Estação ano</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,641</b>	<b>0</b>
Inverno	0,59 A	1626	-	-	-	-	-
Primavera	0,57 B	1559	-	-	-	-	-
Outono	0,49 C	1624	-	-	-	-	-
Verão	0,52 BC	1675	-	-	-	-	-
<b>Tipo aviário</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,298</b>	<b>0,02</b>
Pressão Positiva	0,59 A	1897	-	-	-	-	-
Dark House	0,58 A	3182	-	-	-	-	-
Pressão Negativa	0,33 B	1405	-	-	-	-	-
<b>Sexo</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,003</b>	<b>4,98</b>
Macho	0,58 A	5593	-	0,52 A	68	<0,001	-
Fêmea	0,23 B	647	-	0,24 C	58	<0,001	-
Misto	0,30 B	244	-	0,40 B	37	<0,001	-
<b>Densidade alojamento (aves/m2)</b>	-	<b>6484</b>	<b>0,027</b>	-	<b>163</b>	<b>0,204</b>	<b>0,45</b>
< 12	0,54 AB	989	-	-	-	-	-
12 a 13	0,56 A	1322	-	-	-	-	-
13 a 14	0,54 AB	1884	-	-	-	-	-
>= 14	0,50 B	2289	-	-	-	-	-
<b>Peso alojamento (g)</b>	-	<b>6484</b>	<b>0,077</b>	-	<b>163</b>	<b>0,547</b>	<b>0</b>
< 0,041	0,53	1323	-	-	-	-	-
0,041 a 0,043	0,50	1124	-	-	-	-	-
0,043 a 0,045	0,53	1454	-	-	-	-	-
>0,045	0,55	2583	-	-	-	-	-
<b>Mort total (%)</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>17,32</b>
< 3,5	0,33 D	1081	-	0,22 D	15	<0,001	-
3,5 a 5,0	0,43 C	1787	-	0,28 C	56	<0,001	-
5,0 a 6,5	0,57 B	1531	-	0,43 B	64	<0,001	-
>= 6,5	0,69 A	2085	-	0,61 A	28	<0,001	-
<b>GPD (kg/dia)</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>34,44</b>
< 0,062	0,40 C	972	-	0,23 D	61	<0,001	-
0,062 a 0,065	0,50 B	957	-	0,34 C	41	<0,001	-
0,065 a 0,068	0,54 AB	1293	-	0,46 B	28	<0,001	-
>= 0,068	0,58 A	3262	-	0,70 A	33	<0,001	-
<b>Idade abate (d)</b>	-	<b>6484</b>	<b>0,101</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>5,17</b>
< 41	0,51	2060	-	0,41 B	15	<0,001	-
41 a 43	0,55	2159	-	0,47 A	67	<0,001	-
43 a 45	0,54	1197	-	0,38 C	41	<0,001	-
>= 45	0,53	1068	-	0,26 D	40	<0,001	-
<b>Peso abate (kg)</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>20,64</b>
< 2,600	0,40 D	786	-	0,26 D	18	<0,001	-
2,600 a 2,750	0,46 C	1059	-	0,26 C	56	<0,001	-
2,750 a 2,900	0,53 B	1450	-	0,39 B	35	<0,001	-
>= 2,900	0,59 A	3189	-	0,58 A	54	<0,001	-
<b>Densidade final (kg/m2)</b>	-	-	<b>0,208</b>	-	<b>163</b>	<b>0,016</b>	<b>2,86</b>
< 32	0,56	1059	-	0,31 D	14	<0,001	-
32 a 35	0,52	1368	-	0,33 C	51	<0,001	-
35 a 38	0,53	1611	-	0,42 B	50	<0,001	-
>= 38	0,52	2446	-	0,46 A	48	<0,001	-
<b>N lotes cama</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>11,24</b>
< 12	0,62 A	2160	-	0,41 B	24	<0,001	-
12 a 24	0,56 B	1652	-	0,62 A	47	<0,001	-
24 a 36	0,45 C	1174	-	0,28 C	69	<0,001	-
>= 36	0,44 C	1498	-	0,25 D	23	<0,001	-
<b>Intervalo entre lotes (d)</b>	-	<b>6484</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>21,64</b>
< 12	0,44 B	1639	-	0,23 D	42	<0,001	-
12 a 14	-	0	-	0,33 C	57	<0,001	-
14 a 16	0,57 A	2446	-	0,52 B	47	<0,001	-
> 16	0,55 A	2399	-	0,66 A	17	<0,001	-
<b>ESTATÍSTICA DESCRITIVA</b>							
<b>Média</b>	0,531	6484	-	0,390	163	<0,001	-
<b>EPM</b>	0,007	6484	-	0,0002	163	-	-

k = número de linhas; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação da metarregressão para cada moderador, Médias de CPC seguidas de mesma letra, dentro de cada moderador, não diferem entre si pelo (p>0,05) teste de Tukey (ANOVA) ou análise de subgrupos (REML). Somente moderadores significativos desencadearam a análise de subgrupos,

Do ponto de vista produtivo, o maior percentual de condenação total esteve associado a lotes com GPD superior a 0,068 kg/dia (0,578% pela ANOVA e 0,70% pelo REML), peso ao abate igual ou superior a 2,900 kg (0,588% e 0,58%, respectivamente) e alta mortalidade ( $>6,5\%$ ), evidenciando que provavelmente cargas metabólicas elevadas e estresse produtivo aumentam a probabilidade de infecções sistêmicas e lesões incompatíveis com o consumo humano. O número elevado de reutilizações da cama ( $\geq 36$ ) e intervalo sanitário curto ( $<12$  dias) também foram associados a piores indicadores sanitários, sugerindo falhas no controle microbiológico e na biossegurança entre os ciclos produtivos,

Esses resultados reforçam a importância da adoção de práticas de manejo que priorizem o bem-estar animal, o controle da ambiência, a renovação adequada da cama e o planejamento zootécnico adequado, evitando superalimentação, crescimento excessivamente rápido e sobrecarga fisiológica das aves. Além disso, a ponderação dos dados por tamanho amostral, como feito no modelo REML, contribuiu para uma estimativa mais robusta e generalizável, destacando-se como ferramenta estatística de maior poder inferencial para a tomada de decisão na cadeia produtiva,

Ao comparar os resultados obtidos pelas duas abordagens estatísticas — análise de variância com modelo de efeitos fixos (ANOVA) e análise com modelo de efeitos aleatórios (REML) — aplicadas à variável condenação total de carcaças, observa-se uma maior robustez, aplicabilidade e precisão das estimativas geradas pelo modelo REML. Esse modelo evidenciou três vantagens principais:

A eliminação de outliers durante o processamento dos dados, resultado do uso da concatenação entre subgrupos, o que aumentou o tamanho amostral por linha e contribuiu diretamente para melhor precisão das médias estimadas de condenação total; redução do número de moderadores estatisticamente significativos, acompanhada da possibilidade de hierarquização de sua influência sobre o desfecho, o que torna o modelo REML uma ferramenta mais objetiva para a tomada de decisão gerencial, ao permitir foco nos fatores com maior impacto na ocorrência da condenação total; possibilidade de extrapolação dos resultados para a população geral de frangos de corte, o que não é possível com o modelo de efeitos fixos, cuja inferência é limitada à amostra estudada,

Além disso, assim como observado na variável de condenação parcial, o modelo REML revelou que alguns moderadores apresentaram estimativas com menor robustez estatística, especialmente quando associados a subgrupos com pequeno número de observações ( $k$ ). São exemplos os lotes com mortalidade  $<3,5\%$  ( $k = 15$ ) e idade de abate inferior a 41 dias ( $k = 15$ ). Nessas categorias, os dados representaram no máximo 15 dias de ocorrência ao longo do

período de estudo, Dessa forma, recomenda-se cautela na interpretação das médias ponderadas geradas para esses subgrupos, e sugere-se que futuras análises contem com maior número de observações nessas condições específicas, de modo a permitir estimativas mais representativas e aplicáveis à realidade produtiva,

#### **4,4 Condenação por pododermatite**

A ocorrência de pododermatite (Tabela 3) apresentou as maiores médias de condenação entre os três desfechos avaliados, atingindo 38,83% na região geográfica Sul e 4,65% na região geográfica Sudeste, conforme análise de variância, Essa disparidade regional foi ainda mais evidente na análise por modelo de efeitos aleatórios (REML), que estimou média ponderada de 33,66% para a região geográfica Sul e 3,91% para a região geográfica Sudeste, Esses resultados refletem um padrão altamente heterogêneo de distribuição, com índice de heterogeneidade de  $I^2 = 100\%$  ( $p < 0,001$ ), confirmando variações substanciais entre os grupos avaliados,

Essa variabilidade pode estar associada a diferenças estruturais nos sistemas de criação, sobretudo quanto à qualidade e manejo da cama aviária, tempo de permanência dos lotes no galpão e controle da umidade, Fatores como tipo de aviário, região geográfica e densidade de alojamento apresentaram associação estatisticamente significativa com os índices de condenação por pododermatite ( $p < 0,001$ ), indicando a influência direta desses moderadores sobre a manifestação da afecção,

Na ANOVA, em relação ao tipo de aviário, a média mais elevada foi observada em galpões com pressão positiva (45,68%), seguidos pelo sistema Dark House (25,70%) e pressão negativa (8,43%), Esses dados sugerem que a ambiência e a renovação do ar exercem influência crítica sobre a integridade dos coxins plantares, especialmente em ambientes com acúmulo de umidade, A estação do ano também demonstrou impacto significativo, com valores mais elevados durante o inverno (34,67%), provavelmente em função do aumento da umidade ambiental e da menor evaporação da cama, Esse fator reforça a necessidade de reforço no controle ambiental durante os períodos chuvosos,

A variável sexo do lote apresentou comportamento semelhante ao observado nas demais condenações: lotes compostos exclusivamente por machos apresentaram as maiores médias de condenação por pododermatite (30,86%), em comparação com lotes de fêmeas (9,92%) e mistos (5,27%), Esse padrão pode estar relacionado ao maior peso corporal dos machos, que favorece o aumento da pressão sobre os coxins plantares e contribui para o surgimento de lesões,

**Tabela 3** - Resultados da ANOVA e REML para condenação por pododermatite (CPD, %)

MODERADOR	ANOVA			REML			
	CPD (%)	k	p	CPD (%; IC 95%)	k	p	R <sup>2</sup>
<b>Regional</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>65,76</b>
Sul	38,83 A	4402	-	33,66 A	72	<0,001	-
Sudeste	4,65 B	2087	-	3,91 B	91	<0,001	-
<b>Estação ano</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,120</b>	<b>0</b>
Inverno	34,67 A	1628	-	-	-	-	-
Primavera	30,52 B	1560	-	-	-	-	-
Outono	23,60 C	1626	-	-	-	-	-
Verão	22,71 C	1675	-	-	-	-	-
<b>Tipo aviário</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,042</b>	<b>8,23</b>
Pressão Positiva	45,68 A	1899	-	26,67 A	48	<0,001	-
Dark House	25,70 B	3185	-	12,89 C	61	<0,001	-
Pressão Negativa	8,43 C	1405	-	13,20 B	54	<0,001	-
<b>Sexo</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,329</b>	<b>7,24</b>
Macho	30,86 A	5598	-	-	-	-	-
Fêmea	9,92 B	647	-	-	-	-	-
Misto	5,27 B	244	-	-	-	-	-
<b>Densidade alojamento (aves/m2)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>30,5</b>
< 12	39,34 A	990	-	37,36 A	11	<0,001	-
12 a 13	38,46 A	1324	-	29,26 B	32	<0,001	-
13 a 14	25,36 B	1884	-	16,85 C	72	<0,001	-
>= 14	18,69 C	2291	-	4,56 D	48	<0,001	-
<b>Peso alojamento (g)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,724</b>	<b>1,49</b>
< 0,041	31,43 A	1324	-	-	-	-	-
0,041 a 0,043	26,26 B	1125	-	-	-	-	-
0,043 a 0,045	25,97 B	1456	-	-	-	-	-
>0,045	27,67 B	2584	-	-	-	-	-
<b>Mort total (%)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,040</b>	<b>4,31</b>
< 3,5	22,81 C	1081	-	15,64 C	15	<0,001	-
3,5 a 5,0	26,03 B	1787	-	11,06 D	56	<0,001	-
5,0 a 6,5	29,12 A	1532	-	19,60 B	64	<0,001	-
>= 6,5	30,96 A	2089	-	23,95 A	28	<0,001	-
<b>GPD (kg/dia)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>29,32</b>
< 0,062	13,33 D	973	-	8,27 D	61	<0,001	-
0,062 a 0,065	20,46 C	960	-	12,16 C	41	<0,001	-
0,065 a 0,068	28,26 B	1294	-	22,48 B	28	<0,001	-
>= 0,068	34,11 A	3262	-	34,73 A	33	<0,001	-
<b>Idade abate (d)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,797</b>	<b>0</b>
< 41	25,79 B	2060	-	-	-	-	-
41 a 43	29,08 A	2160	-	-	-	-	-
43 a 45	29,62 A	1200	-	-	-	-	-
>= 45	27,10 AB	1069	-	-	-	-	-
<b>Peso abate (kg)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>36,59</b>
< 2,600	12,25 D	787	-	5,58 C	18	<0,001	-
2,600 a 2,750	22,02 C	1061	-	5,33 D	56	<0,001	-
2,750 a 2,900	28,50 B	1451	-	19,13 B	35	<0,001	-
>= 2,900	33,26 A	3190	-	31,67 A	54	<0,001	-
<b>Densidade final (kg/m2)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>0,879</b>	<b>0</b>
< 32	32,65 A	1062	-	-	-	-	-
32 a 35	31,61 A	1370	-	-	-	-	-
35 a 38	26,71 B	1611	-	-	-	-	-
>= 38	24,28 C	2446	-	-	-	-	-
<b>N lotes cama</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>40,54</b>
< 12	40,59 C	2162	-	32,92 A	24	<0,001	-
12 a 24	32,20 B	1654	-	31,96 B	47	<0,001	-
24 a 36	16,03 A	1174	-	5,11 D	69	<0,001	-
>= 36	13,76 A	1499	-	5,83 C	23	<0,001	-
<b>Intervalo entre lotes (d)</b>	-	<b>6483</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>163</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>36,82</b>
< 12	15,28 B	1641	-	5,51 D	42	<0,001	-
12 a 14	-	0	-	10,60 C	57	<0,001	-
14 a 16	31,48 A	2447	-	26,98 B	47	<0,001	-
> 16	32,63 A	2401	-	39,71 A	17	<0,001	-
<b>ESTATÍSTICA DESCRITIVA</b>							
<b>Média</b>	27,81	6483	-	17,05	163	<0,001	-
<b>EPM</b>	0,365	6483	-	0,0143	163	-	-

k = número de linhas; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação da metarregressão para cada moderador, Médias de CPC seguidas de mesma letra, dentro de cada moderador, não diferem entre si pelo (p>0,05) teste de Tukey (ANOVA) ou análise de subgrupos (REML). Somente moderadores significativos desencadearam a análise de subgrupos,

O uso do modelo de efeitos aleatórios permitiu mensurar a contribuição relativa de cada fator avaliado com maior robustez estatística, destacando-se como uma ferramenta adequada para desfechos com alta variabilidade. Embora a pododermatite possa ser subestimado por sua natureza crônica e não sistêmica, sua elevada prevalência em determinados cenários de criação justifica um monitoramento contínuo, sobretudo pelo seu impacto negativo sobre o bem-estar animal, a performance zootécnica e a qualidade final da carcaça,

Ao comparar os resultados da análise de pododermatite pelas abordagens ANOVA (modelo de efeitos fixos) e REML (modelo de efeitos aleatórios), observa-se que o modelo REML ofereceu maior sensibilidade, precisão e aplicabilidade prática para este desfecho, caracterizado por alta prevalência e heterogeneidade entre os grupos analisados. O modelo REML permitiu estimativas mais robustas ao ampliar o tamanho amostral por meio da concatenação de dados, além de reduzir a influência de outliers e oferecer maior poder estatístico para detectar diferenças reais entre os moderadores. Esse comportamento foi especialmente importante para variáveis com grande amplitude de variação, como a condenação por pododermatite, cujo índice médio ponderado atingiu 17,05%, com destaque para a região Sul (33,66%) e para o sistema de pressão positiva (26,67%),

Além disso, o modelo REML identificou com maior clareza os principais moderadores associados ao aumento da incidência da afecção, como tipo de aviário, densidade de alojamento, região geográfica e mortalidade. Por outro lado, categorias com baixa representatividade amostral apresentaram menor confiabilidade nas estimativas, exigindo cautela na interpretação. Destacam-se, por exemplo, os subgrupos com densidade inferior a 12 aves/m<sup>2</sup> ( $k = 11$ ) e mortalidade total  $<3,5\%$  ( $k = 15$ ). Dessa forma, a análise por modelo de efeitos aleatórios demonstrou ser mais adequada para desfechos com grande variabilidade, como a pododermatite, permitindo hierarquização de fatores de risco e fornecendo subsídios para estratégias direcionadas de intervenção no manejo zootécnico. Tais achados reforçam a importância da utilização de metodologias estatísticas robustas no monitoramento de indicadores de bem-estar e qualidade de carcaça na indústria avícola,

#### **4,5 Considerações complementares sobre os resultados globais**

Embora não tenha sido objetivo deste estudo investigar os mecanismos teóricos que explicam por que determinados moderadores influenciam nas condenações de carcaças, é importante destacar que a literatura especializada oferece fundamentos que auxiliam na interpretação dos resultados obtidos. A análise estatística realizada permitiu identificar de forma objetiva os principais fatores associados às condenações de carcaças de frangos de corte nas unidades analisadas. Ainda assim, algumas tendências observadas podem ser compreendidas de maneira mais ampla, considerando elementos contextuais, ambientais e operacionais que não foram diretamente capturados nas variáveis do banco de dados.

A maior taxa de condenação parcial observada na região geográfica Sudeste, em comparação com a região geográfica Sul, pode estar relacionada a diferenças estruturais entre os sistemas produtivos locais. Aspectos como maior escala de produção, velocidade de abate ou mesmo variações nos critérios de inspeção adotados pelas unidades frigoríficas podem ter influenciado os resultados. Além disso, fatores ambientais, como temperaturas médias mais elevadas e maior umidade relativa do ar — características comuns em partes do Sudeste —, podem favorecer a ocorrência de estresse térmico nas aves, comprometendo a qualidade das carcaças.

No tocante à condenação por pododermatite, observou-se menor média entre aves com menor ganho de peso diário (GPD). Uma possível explicação para esse padrão seria o menor esforço mecânico exercido sobre os coxins plantares em aves com crescimento mais lento, o que reduziria a pressão contínua sobre a cama aviária. Esse comportamento pode ser influenciado também por fatores como qualidade do manejo nutricional e condições da cama, cuja composição, frequência de troca e revolvimento não foram contemplados na base de dados, mas são amplamente reconhecidos na literatura como determinantes da saúde podal (Albarelo; Balbinot, 2022).

A influência do sexo dos lotes sobre as taxas de condenação também merece destaque. Aves do sexo masculino apresentaram maiores índices de condenações totais e por pododermatite, o que pode ser atribuído ao maior peso corporal, à maior exigência metabólica e fisiológica ao longo do ciclo produtivo. Tais características aumentam a predisposição a distúrbios locomotores, sobrecarga musculoesquelética e lesões dérmicas, impactando negativamente a integridade das carcaças (Santos et al., 2020).

Além disso, é plausível que diferenças nas práticas de manejo entre granjas integradas como frequência de inspeções, protocolos sanitários adotados, ritmo de crescimento permitido

e critérios de descarte — tenham contribuído para a variabilidade observada nos resultados, embora essas informações não estivessem disponíveis no banco de dados analisado,

Por fim, deve-se considerar que os efeitos das variáveis estudadas podem ser potencializados pela interação entre fatores ambientais, estruturais e genéticos. A combinação de alta densidade de alojamento, tipo de aviário inadequado e temperaturas externas elevadas, por exemplo, pode favorecer a ocorrência simultânea de diferentes causas de condenação, intensificando as perdas e dificultando o isolamento estatístico dos fatores individuais,

Essas interpretações, embora não comprovadas diretamente pelas análises realizadas, contribuem para uma compreensão mais abrangente dos resultados observados. Além disso, servem como ponto de partida para investigações futuras e para o aprimoramento contínuo das práticas de manejo, ambiência e inspeção sanitária na avicultura industrial,

## **5 CONCLUSÕES**

A análise estatística de um banco de dados industrial extenso permitiu identificar e quantificar os principais fatores associados às condenações de carcaças de frangos de corte. O comparativo entre ANOVA e REML demonstrou que variáveis como tipo de aviário, densidade de alojamento, sexo das aves, região geográfica e parâmetros zootécnicos são moderadores com impacto significativo sobre os índices de condenação parcial, total e por pododermatite. A abordagem baseada em efeitos aleatórios (REML) mostrou-se mais eficaz para estimar médias ponderadas representativas, minimizar a influência de outliers e permitir inferências mais generalizáveis, especialmente diante da elevada heterogeneidade dos dados,

Com base nos achados, recomenda-se que a indústria avícola concentre seus esforços de mitigação nas variáveis com maior impacto relativo, como o redimensionamento da densidade de alojamento, o ajuste de ambiência em aviários com pressão positiva e o monitoramento de lotes predominantemente machos, devido à sua maior suscetibilidade à pododermatite e condenações. Estratégias direcionadas para esses fatores podem contribuir significativamente para a redução de perdas econômicas por condenações e a promoção do bem-estar animal,



## REFERÊNCIAS

- ALBARELLO, R.; BALBINOT, M, Incidência de pododermatite na produção de frangos de corte, *Anais de Agronomia*, v, 1, n, 1, p, 129-143, 2022,
- BACKES, I, L.; MATOS, M, R, Causas de condenação em aves nos frigoríficos – revisão de literatura, *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v, 10, n, 9, p, 2310-2325, 2024,  
<https://doi.org/10.51891/rease.v10i9.15693>
- BELINTANI, R, et al, Broiler carcass condemnation pattern during processing, *Revista Brasileira de Zootecnia*, v, 48, p, e20180046, 2019,  
<https://doi.org/10.1590/rbz4820180046>
- BELL, A.; FAIRBROTHER, M.; JONES, K, Fixed and random effects models: making an informed choice, *Quality & Quantity*, v, 53, p, 1051–1074, 2019,  
<https://doi.org/10.1007/s11135-018-0802-x>
- BORENSTEIN, M.; HEDGES, L, V.; HIGGINS, J, P, T.; ROTHSTEIN, H, R, *Introduction to meta-analysis*, Hoboken: Wiley, 2009, Disponível em:  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470743386>, Acesso em: 12 mar, 2025,  
<https://doi.org/10.1002/9780470743386>
- BRASIL, Decreto nº 9,013, de 29 de março de 2017, Regulamenta a Lei nº 1,283/1950 e a Lei nº 7,889/1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal, *Diário Oficial da União*, Brasília, 30 mar, 2017,
- BRASIL, Lei nº 1,283, de 18 de dezembro de 1950, Dispõe sobre a inspeção industrial e sanitária dos produtos de origem animal, *Diário Oficial da União*, Brasília, 19 dez, 1950,
- BRASIL, Lei nº 7,889, de 23 de novembro de 1989, Dispõe sobre a inspeção sanitária e industrial dos produtos de origem animal, *Diário Oficial da União*, Brasília, 24 nov, 1989,
- BRASIL, Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998, Aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves, *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 nov, 1998,
- CHE, S, et al, Prevalence of breast muscle myopathies (spaghetti meat, woody breast, white striping) and associated risk factors in broiler chickens from Ontario Canada, *PLOS ONE*, v, 17, n, 4, p, e0267019, 2022,  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267019>
- CIUI, S, et al, Causes of post-mortem carcass and organ condemnations and economic loss assessment in a cattle slaughterhouse, *Animals*, v, 13, n, 21, p, 3339, 2023,  
<https://doi.org/10.3390/ani13213339>
- DE CARLI, S, Diagnóstico e epidemiologia molecular de reovírus aviário no Brasil, 2019, Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias – Virologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019,

FERNANDES, A, R, et al, Computer vision and machine learning for poultry carcass inspection: a systematic review, *Poultry Science*, v, 100, n, 9, p, 101223, 2021,

GREGORATTO, L, L, N, da S, et al, Comparação de algoritmos e aplicação em dados de produtividade e condenações em frangos de corte em função dos indicadores bioclimáticos, 2024, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2024,

GUABIRABA, R,; SCHOUWENBURG, L, F, Avian colibacillosis: still a major challenge for poultry production, *Veterinary Research*, v, 53, p, 1–12, 2022,

HORTÊNCIO, M, C, et al, Time series evaluation of condemnation at poultry slaughterhouses enable to export in Southeastern Brazil (2009–2019): a tool for optimizing resources in the poultry production chain, *BMC Veterinary Research*, v, 18, n, 1, p, 427, 2022,  
<https://doi.org/10.1186/s12917-022-03521-z>

HUEDO-MEDINA, T, B, et al, Assessing heterogeneity in meta-analysis: Q statistic or I<sup>2</sup> index? *Psychological Methods*, v, 11, n, 2, p, 193–206, 2006,  
<https://doi.org/10.1037/1082-989X.11.2.193>

INTHOUT, J, et al, The Hartung-Knapp-Sidik-Jonkman method for random effects meta-analysis is straightforward and considerably outperforms the standard DerSimonian-Laird method, *BMC Medical Research Methodology*, v, 14, n, 1, p, 25, 2014,  
<https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-25>

JAGUEZESKI, A, M, et al, The effect of four commercial broiler hybrids and the season on occurrence of broiler condemnations in the abattoirs, *Ciência Rural*, v, 50, p, e20200177, 2020,  
<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200177>

KRINDGES, M, D, Estudo retrospectivo das principais causas de condenações em aves abatidas no estado do Mato Grosso, Brasil, 2022, Dissertação (Mestrado em Biociência Animal) – Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2022,

LI, X, et al, Intelligent sensor systems for meat quality and safety monitoring: a review, *Trends in Food Science & Technology*, v, 123, p, 14–27, 2022,

MACHADO, S, G, et al, Meat inspection in the digital era: applications of artificial intelligence in food safety, *Food Control*, v, 118, p, 107–120, 2020,

MATOS, R, M,; CUNHA, A, F,; SILVA, M, D, Alterações anatomopatológicas e condenações de frangos em abatedouro-frigorífico de Belo Horizonte (MG), *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v, 17, n, 2, 2023,  
<https://doi.org/10.3895/rbta.v17n2.16298>

McKENZIE, J, E,; VERONIKI, A, A, A brief note on the random-effects meta-analysis model and its relationship to other models, *Journal of Clinical Epidemiology*, v, 174, p, 111492, 2024,  
<https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2024.111492>

MENDES, A, C, et al, Condenação de carcaças de frangos de corte em frigorífico sob inspeção federal: avaliação das causas parciais e totais em diferentes estações do ano, *Semina: Ciências Agrárias*, v, 45, n, 3, p, 1–12, 2024,  
<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2024v45n2p639>

MIRANDA, A, Miopatias em aves e suas possíveis correlações nas fraturas ósseas e ruptura de pele na linha de abate, 2023, Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023,

MONTEIRO, J, L, A,; LOPES, P, D,; OLIVEIRA, H, R, F,; SILVA, M, M, Condenação de carcaças de frangos de corte: aspectos sanitários, ambientais e de manejo associados às perdas produtivas, *Revista de Ciências Veterinárias e Saúde Pública*, v, 9, n, 2, p, 45-58, 2022,  
 MONTEIRO, M, F, dos S, et al, Principais causas de condenação de frangos de corte em um abatedouro sob inspeção estadual na cidade de Manaus-AM, *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v, 5, n, 3, p, 2870-2881, 2022,  
<https://doi.org/10.34188/bjaerv5n3-021>

MUSTAFA, A, Understanding random effects and fixed effects in statistical analysis, *Medium*, 2023, Disponível em: <https://medium.com/>, Acesso em: 12 mar, 2025,

PAULA, Ronei de; GROFF, Andréa M, Uso das ferramentas da qualidade na identificação de causas de condenação total de carcaças de frangos, *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v, 15, n, 2, p, 1-13, 2021,  
<https://doi.org/10.5935/1415.2762.20210021>

REZENDE, C, et al, Efeito da vacinação spray contra *Escherichia coli* no pintainho de um dia de idade sobre o desempenho e condenações de carcaças, 2024, Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2024,

SANTOS, F, A, B, dos, Ocorrência e desenvolvimento das miopatias white striping e wooden breast em peitos de frangos de corte, 2019, Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019,

SARAIVA, S, et al, Comparative analysis of animal welfare in three broiler slaughterhouses and associated farms with unsatisfactory slaughterhouse results, *Animals*, v, 14, n, 17, p, 2468, 2024,  
<https://doi.org/10.3390/ani14172468>

TOREZAN, G, B, Efeito da linhagem, densidade de criação e sistemas de produção de frangos de corte sobre as condenações por abscessos e dermatoses, 2019, Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019,

TÖRMÄ, K, et al, Visible hygienic quality of broiler chicken carcasses and the impact on quality of a change to post-mortem inspection, *Food Control*, v, 156, p, 110120, 2024,  
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110120>