

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ARION SILVA DE RAMOS

EFEITOS DE FATORES BIOMECÂNICOS SOBRE O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO
DE FRANGO DE CORTE

PALOTINA

2024

ARION SILVA DE RAMOS

EFEITOS DE FATORES BIOMECÂNICOS SOBRE O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO
DE FRANGO DE CORTE

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração em Produção Animal, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof^a Dra. Jovanir Inês Müller
Fernandes

Coorientador: Dr. Vinicius Duarte

PALOTINA

2024

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.
Biblioteca UFPR Palotina.

A712 Ramos, Arion Silva de
Efeitos de fatores biomecânicos sobre o desenvolvimento
ósseo de frango de corte / Arion Silva de Ramos.
– Palotina, PR, 2024.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.
Orientadora: Profª Dra. Jovanir Inês Müller Fernandes.
Coorientador: Dr. Vinicius Duarte.

1. Claudicação. 2. Problemas locomotores. 3. Qualidade óssea.
I. Fernandes, Jovanir Inês Müller. II. Duarte, Vinicius.
III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 636.03

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA ANIMAL -
40001016077P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ARION SILVA DE RAMOS** intitulada: **EFEITOS DE FATORES BIOMECÂNICOS SOBRE O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE FRANGO DE CORTE**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 02 de Setembro de 2024.

Assinatura Eletrônica

03/09/2024 06:11:46.0

JOVANIR INÊS MÜLLER FERNANDES

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

02/09/2024 18:45:52.0

LUIS DANIEL GIUSTI BRUNO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

02/09/2024 16:34:39.0

ALINE DE MARCO VIOTT

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pelo dom da vida. A ele devo todas as bençãos sobre minha vida.

Ao meu pai, João e minha madrasta, Salete, por todo o apoio, carinho e por serem o grande exemplo da minha vida, que nunca me deixaram desistir e sempre me motivaram a buscar meus sonhos, obrigado por compreenderem a minha ausência em momentos importantes em família.

À professora Dra. Jovanir, a minha inspiração científica, a pessoa a quem eu tenho imensa gratidão, respeito e admiração. Obrigado por me acolher em momento de dificuldade e sempre motivar a seguir em frente.

À minha namorada Taís, obrigado por tudo e por tanto, sem você tudo isso não seria possível. Obrigado pelo amor, cumplicidade, e paciência nos momentos difíceis, juntos crescemos!

A minha cunhada Tânia, pelas trocas de ideias e experiência.

Ao meu irmão Alisson, e minhas irmãs Alana e Greicy, ao meu cunhado Jovani, e aos meus sobrinhos Heitor, Vicente, Helena, Carolina e Bem Hur, por serem um abrigo, fonte de energia e motivação.

À Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina pela recepção e oportunidade de realizar a pós-graduação.

Aos alunos do Laboratório de Experimentação Avícola (LEA), sem vocês o meu sonho e esse projeto não teria se concretizado. Muito obrigada a todos pelo empenho e dedicação, vocês foram essenciais.

À C.Vale - Cooperativa Agroindustrial, por me apoiar de inúmeras formas na realização desse projeto. Agradeço especialmente aos meus gestores Jackson, Fernando e Vinicius por todo o ensinamento, levarei para sempre comigo. As minhas colegas, Daiane, Diana e Raquel por dividir as dificuldades diárias, pelas excelentes conversas, ensinamentos, apoio, trocas de experiência e principalmente por não medirem esforços em me ajudar, sempre que foi preciso.

A todos que de alguma forma contribuíram em alguma etapa da realização desse projeto, meus mais sinceros e profundos agradecimentos.

Muito obrigado!!!

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é
perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas.”

Carl Sagan

RESUMO

Os frangos de corte comerciais são suscetíveis ao surgimento de patologias no sistema locomotor, fortemente influenciados por seu ritmo acelerado de ganho de peso. Diante disso, se faz necessário elucidar as possíveis influências dos manejos utilizados no sistema de criação comercial e o processo de incubação na patogênese da BCO em frangos de corte, por meio da avaliação do desempenho produtivo, desenvolvimento ósseo e rendimento de carcaças nos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade. O experimento foi realizado no Aviário Experimental da Universidade Federal do Paraná. Foram utilizados 1032 pintinhos de corte, distribuídos em esquema fatorial 2 x 2 x 2 sendo: dois tipos de eclosão (incubatório e aviário), dois tipos de cama (maravalha e maravalha com sobreposição de telas) e dois modelos de bebedouro na primeira semana de vida (*nipple* e infantil), totalizando oito tratamentos e três repetições. Foi avaliado o desempenho produtivo, e o rendimento de carcaça de cortes comerciais. Aos 7, 21 e 42 dias de idade foram analisadas as concentrações séricas de cálcio total, fósforo e cálcio iônico. Nesse mesmo período os ossos (fêmur e tíbia) foram pesados e medidos, sendo realizada a densitometria radiográfica, resistência óssea e cinzas ósseas, além das análises histopatológicas, morfométricas e avaliação do *Gait Score*. Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância. Houve maior consumo de ração e pior conversão alimentar para as aves mantidas em camas com telas e não houve efeito significativo sobre o peso vivo e ganho de peso, aos 7 dias de idade. Aos 42 dias, a presença da cama de tela gerou maior consumo de ração e pior peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar. Houve menor mineralização óssea em aves mantidas sobre a cama de tela que obtiveram menores valores para densidade aos 42 dias e resistência aos 21 e 42 dias de idade. A instabilidade gerada pela cama de tela promoveu piora nos resultados de medidas e morfometria óssea de tíbia e fêmur, nos 7, 21 e 42 dias de idade. Houve maior concentração de cálcio sérico quando a eclosão ocorreu no aviário, aos 7 dias. Aos 21 dias, houve maior concentração de cálcio e fósforo séricos em frangos mantidos sobre a cama de tela. Houve maior *score* de gravidade de lesões nas epífises de fêmur e de tíbia, quando a eclosão ocorreu no aviário aos 7 dias de idade. Aves mantidas sobre tela de arame apresentaram *score* de maior severidade na locomoção em comparação com aves mantidas sobre cama de maravalha. Observou-se menor peso de carcaça, peito, coxas e asas para os frangos que foram mantidos sobre tela de arame em relação às aves mantidas sobre a cama de maravalha. A presença dos fatores de instabilidade prejudicou o desempenho produtivo, o desenvolvimento ósseo e rendimento de carcaças. Evidenciou-se que os fatores de instabilidade influenciam na patogênese de desordens locomotoras em frangos de corte.

Palavras-chave: claudicação; manejo; problemas locomotores; qualidade óssea; transporte.

ABSTRACT

Commercial broilers are susceptible to the emergence of pathologies in the locomotor system, strongly influenced by their accelerated rate of weight gain. Therefore, it is necessary to elucidate the possible influences of the management used in the commercial breeding system and the incubation process on the pathogenesis of BCO in broilers, by evaluating the productive performance, bone development and carcass yield in broilers subjected to different instability factors. The experiment was carried out at the Experimental Aviary of the Federal University of Paraná. A total of 1032 broiler chicks were distributed in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, with two types of hatching (incubator and aviary), two types of litter (wood shavings and wood shavings with overlapping screens) and two models of drinkers in the first week of life (nipple and infant), totaling eight treatments and three replicates. The productive performance and carcass yield of commercial cuts were evaluated. At 7, 21 and 42 days of age, serum concentrations of total calcium, phosphorus and ionic calcium were analyzed. During this same period, the bones (femur and tibia) were weighed and measured, and radiographic densitometry, bone strength and bone ash were performed, in addition to histopathological and morphometric analyses and Gait Score evaluation. The data were subjected to analysis of variance at a 5% significance level. There was greater feed intake and worse feed conversion for birds kept on screened litter and there was no significant effect on live weight and weight gain at 7 days of age. At 42 days, the presence of screened litter generated greater feed intake and worse live weight, weight gain and feed conversion. There was lower bone mineralization in birds kept on screened litter, which obtained lower values for density at 42 days and resistance at 21 and 42 days of age. The instability generated by the wire mesh bed led to a worsening of the results of measurements and bone morphometry of the tibia and femur at 7, 21 and 42 days of age. There was a higher concentration of serum calcium when hatching occurred in the aviary at 7 days. At 21 days, there was a higher concentration of serum calcium and phosphorus in chickens kept on the wire mesh bed. There was a higher severity score of lesions in the epiphyses of the femur and tibia when hatching occurred in the aviary at 7 days of age. Birds kept on wire mesh had a higher severity score in locomotion compared to birds kept on wood shavings bed. Lower carcass, breast, thigh and wing weights were observed for chickens kept on wire mesh compared to birds kept on wood shavings bed. The presence of instability factors impaired productive performance, bone development and carcass yield. It was shown that instability factors influence the pathogenesis of locomotor disorders in broiler chickens.

Key-words: lameness; management; locomotor problems; bone quality; transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local de eclosão dos ovos na fazenda experimental.	45
Figura 2 - Em A - Box revestido com tela como modelo de indução da claudicação e supressão da utilização do <i>nipple</i> (destaque em vermelho). Em B – Box revestido com tela com pintinhos com idade de 8 dias.	46
Figura 3 - Box experimentais utilizados para o ensaio dentro de galpão climatizado.	47
Figura 4 - Biplot das características de desempenho produtivo aos 7 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.	79
Figura 5 - Biplot das características de desempenho produtivo aos 42 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.	79
Figura 6 - Biplot das características ósseas para os 42 dias para frangos de corte em diferentes condições de manejo.	80
Figura 7 - Biplot para os níveis de fósforo e cálcio sérico aos 7 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.	80
Figura 8 - Biplot para os níveis de fósforo e cálcio sérico aos 21 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.	81
Figura 9 - Biplot para os níveis de fósforo e cálcio sérico aos 42 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.	81
Figura 10 - Biplot para as características da carcaça aos 42 dias para frangos de corte em diferentes condições de manejo.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Desempenho produtivo aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	53
Tabela 2 - Desempenho produtivo de 1-42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	53
Tabela 3 – Densidade óssea de tíbia aos 7, 21 e 42 dias de idade de frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	55
Tabela 4 - Resistência óssea de tíbia aos 7, 21, 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	56
Tabela 5 - Cinzas da tíbia aos 7, 21 e 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	56
Tabela 6 – Medidas ósseas de tíbia aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	59
Tabela 7 – Medidas ósseas de tíbia aos 21 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	60
Tabela 8 – Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de cama para o peso de tíbia e para o Índice de Seedor de tíbia, aos 21 dias de idade, dos frangos de corte.	60
Tabela 9 – Medidas ósseas de tíbia aos 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	61
Tabela 10 – Medidas ósseas de fêmur aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	61

Tabela 11 – Medidas ósseas de fêmur aos 21 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	62
Tabela 12 – Medidas ósseas de fêmur aos 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	62
Tabela 13 – Morfometria de tíbia aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	65
Tabela 14 – Morfometria de tíbia aos 21 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	65
Tabela 15 – Morfometria de tíbia aos 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	66
Tabela 16 – Desdobramento da interação entre tipo de cama e tipo de bebedouro para a área de calcificação e para a relação zona de calcificação e hipertrofia da epífise proximal da tíbia, aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.....	66
Tabela 17 – Morfometria do fêmur aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	67
Tabela 18 – Desdobramento da interação entre tipo de cama e tipo de bebedouro para a relação zona de calcificação:hipertrofia da epífise proximal do fêmur, aos 7 dias de idade, dos frangos de corte.	67
Tabela 19 – Morfometria do fêmur aos 21 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	68
Tabela 20 – Morfometria do fêmur aos 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.	68
Tabela 21 – Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de cama para a área de hipertrofia da epífise proximal do fêmur, aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.	69

Tabela 22 - Concentração sérica de cálcio total, cálcio iônico e fósforo em frangos de corte aos 7 dias de idade submetidos a diferentes situações de crescimento.	71
Tabela 23 - Concentração sérica de cálcio total, cálcio iônico e fósforo em frangos de corte aos 21 dias de idade submetidos a diferentes situações de crescimento.	71
Tabela 24 - Concentração sérica de cálcio total, cálcio iônico e fósforo em frangos de corte aos 42 dias de idade submetidos a diferentes situações de crescimento.	72
Tabela 25 - Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de cama para a concentração sérica de fósforo aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.	72
Tabela 26 - Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de bebedouro para a concentração sérica de cálcio total e de cálcio iônico aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.	72
Tabela 27 – Avaliação do <i>score</i> da gravidade de lesão em epífise aos 7, 21 e 42 dias dos frangos de corte em diferentes condições de crescimento.	73
Tabela 28 – Avaliação de <i>Gait Score</i> das aves aos 35 dias em diferentes condições de crescimento.	74
Tabela 29 – Rendimento de carcaça aos 42 dias dos frangos de corte em diferentes condições de crescimento.	76
Tabela 30 – Percentual de rendimento de carcaça aos 42 dias dos frangos de corte em diferentes condições de crescimento.	76
Tabela 31 – Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de bebedouro para o rendimento de asas, aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2. 1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	18
2. 2 MINERALIZAÇÃO, REMODELAMENTO, METABOLISMO CELULAR E REGULAÇÃO HORMONAL DO TECIDO ÓSSEO.....	20
2. 3 ANORMALIDADES E DESORDENS ÓSSEAS EM FRANGOS DE CORTE ...	23
2. 3. 1 Condronecrose bacteriana com osteomielite (BCO) – etiologia e patogênese	25
3 REFERÊNCIAS.....	30
4 OBJETIVOS.....	40
4. 1 OBJETIVO GERAL	40
4. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
5 CAPÍTULO 1 – EFEITOS DE FATORES BIOMECÂNICOS SOBRE O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE FRANGO DE CORTE.....	41
INTRODUÇÃO	42
MATERIAL E MÉTODOS	44
Desempenho produtivo	48
Rendimento de carcaça e de cortes comerciais.....	48
Concentrações séricas de cálcio, fósforo e cálcio iônico	48
Desenvolvimento ósseo	49
Análise estatística	51
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS.....	82
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
ANEXO I.....	91

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil destaca-se no cenário mundial de produção e exportação de carne de frango. Segundo o relatório da Associação Brasileira de Proteína Animal, no ano de 2022, o Brasil tornou-se o segundo maior produtor de carne de frango do mundo, com produção 14,524 mil/ton, e líder global de exportação com 4,8 mil/ton exportados (ABPA, 2023). A carne de frango é uma das principais fontes de proteína animal, e hoje é a segunda carne mais produzida e consumida do mundo. A partir da década de 1950, os frangos passaram por transformações fenotípicas e genotípicas devido a principalmente processos de seleção genética, resultando em uma ave de crescimento mais rápido e com uma melhora na conversão alimentar (GUZ, 2022).

Os frangos de corte das linhagens atuais são especialmente propensos a desenvolver distúrbios locomotores devido à seleção genética para crescimento rápido e ganho de peso acelerado, o que resulta em um desequilíbrio entre o tamanho corporal e o desenvolvimento do sistema esquelético, especialmente na sustentação dos músculos peitorais (KIEROŃCZYK et al., 2017; MEYER et al., 2020).

As transformações fenotípicas propiciaram aos frangos de corte o desenvolvimento de anomalias ósseas ocasionando nos últimos anos, aumento de claudicação e o comprometimento da mobilidade que são questões primárias de bem-estar animal, uma vez que ocasionam dor contínua, severo comprometimento da ingestão de água e alimento, além de provocarem alterações comportamentais (RIBER et al., 2021; FODOR et al., 2023). Ademais, frangos com mobilidade comprometida permanecem inativos por longos períodos (RIBER et al., 2021).

A claudicação agravada por altas taxas de densidade favorecem o surgimento de lesões de pele, pois as aves estão mais próximas entre si estando susceptíveis a arranhões. Além disso, há grande incidência de queimaduras por contato e problemas respiratórios, oriundos principalmente da dificuldade em mover-se e ao contato constante com a cama (EJIK et al., 2023).

A claudicação nas granjas de frangos de corte resulta em perdas econômicas significativas, prejudicando o ganho de peso diário, a eficiência na conversão de ração, bem como as taxas de mortalidade e condenação (GOCSIK et al., 2017). Granquist et al. (2019) relataram que 19% das aves alojadas em granjas avícolas comerciais apresentavam sinais clínicos de claudicação moderada a grave. Um estudo conduzido em abatedouros no Brasil evidenciou que as anomalias locomotoras

em aves de corte acarretam um impacto financeiro anual de 14 milhões de dólares (CAVANI et al., 2021). Huang et al. (2023) apontaram que as doenças das pernas nos Estados Unidos causaram prejuízo para a indústria avícola de 80 milhões a 120 milhões de dólares.

A ocorrência de claudicação decorrente da condronecrose bacteriana com osteomielite (BCO) em aves de corte impacta significativamente a produção, o bem-estar dos animais e a segurança alimentar do consumidor (ASNAYANTI et al., 2024). A doença comumente ocorre através da translocação bacteriana do trato respiratório e gastrointestinal para a corrente sanguínea, resultando em uma colonização bacteriana na placa de crescimento dos ossos longos (WEIMER et al., 2021; RAMSER et al., 2022). A doença é frequentemente relacionada ao crescimento rápido e a incidência tem aumentado significativamente nos últimos anos (WIDEMAN, 2016; RAMSER et al., 2022).

A patogênese da BCO ainda não é elucidada, porém, a literatura cita vários fatores predisponentes. Entre esses fatores destacam-se a desregulação dos mecanismos de autofagia celular (RAMSER et al., 2022), o ganho excepcional de peso corporal, o qual excede a taxa de maturação das placas cartilaginosas de crescimento nos ossos longos (AL-RUBAYE et al., 2020), isquemia e obstrução vascular de suprimento sanguíneo para as pernas (WEIMER et al., 2021). Presença de microfraturas mecânicas na placa de crescimento, imunossupressão originada por estresse crônico, processos de disbiose que afetam a integridade e permeabilidade da mucosa intestinal, contaminação bacteriana das cascas de ovos no matrizeiro ou no processo de incubação e estresse térmico são outros fatores apontados como predisponentes ao surgimento de BCO (WIDEMAN, 2016).

A incubação de ovos comerciais pode ser estressante para os pintinhos, tendo em vista os desafios ambientais e os manejos que ocorrem durante os processos de sexagem, vacinação e transporte para os aviários comerciais (HEDLUND et al., 2019). Os processos no incubatório, aos quais as aves recém eclodidas são submetidas, podem gerar uma piora nos índices de bem-estar animal e aumentar a incidência de problemas locomotores em frangos adultos (GIERSBERG et al., 2020; JONG et al., 2020). O transporte inadequado de pintinhos de um dia de idade pode afetar o desempenho produtivo e torná-los mais susceptíveis a patologias predisponentes ao aumento de estresse (HOLLEMANS et al., 2018).

A exposição das aves ao estresse causado pela variação de temperatura durante o transporte do incubatório para os aviários comerciais pode afetar o processo de osteogênese dos frangos. Além disso, a instabilidade provocada pelo movimento excessivo das aves sobre o papel utilizado no fundo das caixas durante o transporte pode ser outro fator agravante no surgimento de futuros problemas locomotores (KIEROŃCZYK et al., 2017).

Estratégias de manejo, compõem uma importante ferramenta para diminuir os problemas locomotores (WIDEMAN, 2016). Knowles et al. (2008) concluíram que as práticas de manejo e os ajustes de equipamentos rotineiros na produção de frangos de corte, resultam em menores índices de problemas locomotores quando realizados conjuntamente, do que quando realizados isoladamente. Isso ressalta a característica multifatorial dos problemas locomotores em frangos de corte.

As práticas de manejo necessárias na produção de frango de corte que podem impactar o surgimento de problemas locomotores são principalmente decorrentes da instabilidade e qualidade da cama, inatividade locomotora das aves, altas taxas de densidade populacional, má posicionamento e regulação de bebedouros e comedouros, além da qualidade de água (WIDEMAN, 2016; KIEROŃCZYK et al., 2017; XU et al., 2024). Além disso, o manejo inadequado pode resultar em um esforço adicional para a ave acessar comedouros e bebedouros, que podem acarretar no aumento de lesões e distúrbios esqueléticos (CHARUTTA et al., 2013).

Os frangos passam quase toda sua vida em contato com a cama. Condições inadequadas de manejo acarretam acúmulo de umidade, desnível, presença de torrões e excesso de amônia, problemas estes, que além comprometer o bem-estar das aves, agravam a ocorrência de problemas locomotores (ZIKIC et al., 2017; BARBOSA et al., 2022). Dessa forma, as lesões do aparelho locomotor das aves podem estar diretamente correlacionadas com a qualidade da cama e as condições ambientais (JACOB et al., 2016). Granquist et al. (2019), observaram que a cama úmida ocasionou aumento de claudicação das aves. Ainda Jong et al. (2014) observaram que além das lesões e problemas locomotores, o aumento da umidade na cama também reduziu o desempenho zootécnico da ave e o rendimento de carcaça.

Diante da gravidade dos problemas ósseos ocasionados no sistema convencional de produção, busca-se o entendimento de como amenizar os danos causados por problemas locomotores em frangos de corte. Para isso, é necessário

entender a influência do manejo da eclosão no sistema músculo esquelético das aves; e no período pós eclosão, a patogênese dos problemas locomotores de frangos de corte. Ao elucidar as possíveis influências dos manejos utilizados desde a incubação até o sistema de criação comercial, durante o crescimento dos frangos de corte, é possível compreender as causas do processo lesivo. E com esses fatores delineados na mira, se torna viável a busca por soluções que visam mitigar os danos causados por problemas locomotores, objetivando a saúde e o bem-estar das aves, bem como a diminuição e dos prejuízos econômicos causados por estes problemas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Os ossos longos possuem três segmentações, a epífise situada na extremidade, a placa de crescimento longitudinal denominada placa metafisária, composta por cartilagem rica em vascularização que ao decorrer do processo de desenvolvimento ósseo faz a substituição da cartilagem por ossos, e ao centro a diáfise, onde encontra-se a parte mais densamente calcificada no início do desenvolvimento ósseo (ARAÚJO, VIEITES e SOUZA, 2012; KINI e NANDEESH, 2012).

O osso possui dois componentes, a parte cortical que é densa e sólida já a porção trabecular, que se assemelha a um favo de mel, densamente vascularizados através das placas trabeculares e bastonetes. O osso cortical é revestido pelo periósteo que envolve a parte externa exceto nas articulações, e contém também a superfície endosteal, que contém vasos sanguíneos, fibras nervosas osteoblastos e osteoclastos (KINI e NANDEESH, 2012) e reveste a cavidade medular do osso.

O crescimento dos ossos acontece em regiões de cartilagem especializadas denominadas placas de crescimentos situadas em ambas às epífises de todos os ossos longos. A placa de crescimento é formada por condrócitos e tem como produto a formação da matriz condroide sendo os proteoglicanos e colágeno tipo II os componentes mais predominantes (FARQUHARSON e JEFFERIES, 2000). O crescimento ósseo inclui as atividades de formação da matriz óssea tais como a mineralização e reabsorção (SEIFERT e WARTKINS, 1997), sendo que esse processo se dá de forma contínua.

As células do tronco mesenquimal têm a capacidade de originar diversas células, incluindo os osteoblastos, osteócitos, condroblastos e condrócitos, considerados células progenitoras. Tanto o sistema hematopoiético como o mesenquimal possuem células com potencial para se multiplicar e diferenciar, mantendo funções precursoras (CLARKE, 2008; YAN et al., 2016; PIZAURO JUNIOR, GONÇALVES e SANTOS, 2017).

Os osteoblastos são responsáveis por regular e realizar a produção da matriz óssea inorgânica que será posteriormente mineralizada. A matriz óssea orgânica é constituída principalmente por glicoproteínas, proteoproteínas e colágeno tipo I (HARADA e RODAN, 2003). Os osteoblastos também controlam e regulam fisiologicamente a função dos osteoclastos e a deposição dos componentes na matriz

óssea (WEN et al., 2016), principalmente colágeno tipo I (AMIRRAH et al., 2022). Os ossos recebem estímulos diretamente de fatores de crescimento, hormônios e vários mediadores da resposta imune, como quimiocinas e citocinas, que desempenham um papel crucial na diferenciação e ativação de osteoclastos e osteoblastos (SHARMA et al., 2023).

Conforme os osteoblastos se diferenciam, eles adquirem a capacidade de produzir e liberar substâncias que compõem a matriz. Além disso, alguns osteoblastos permanecem incorporados na própria matriz óssea, originando os osteócitos (KINI e NANDEESH, 2012). Os osteócitos, componentes celulares predominantes nos ossos, possuem extensões plasmáticas que permitem a comunicação e a nutrição do tecido ósseo. Estas células desempenham ainda um papel crucial como mecanosensores, orientando os osteoclastos na reabsorção óssea e os osteoblastos na formação da matriz (PIZAURO JUNIOR, GONÇALVES e SANTOS, 2017; SHARMA et al., 2023).

Os osteoclastos derivam do sistema hematopoiético (reticuloendotelial) e são abundantemente encontrados em áreas em que está ocorrendo o processo de reabsorção óssea, sendo que sua principal função é realizar a reabsorção óssea e de cartilagens calcificadas. A ação dos osteoclastos também é necessária para que ocorra o remodelamento ósseo, podendo também auxiliar na manutenção das exigências séricas de cálcio e fósforo (BORON e BOULPAEP, 2009; WU, CHEN e LI, 2016). A matriz orgânica produzida pelos osteoblastos, originados de células-tronco mesenquimais, começa a ser depositada por Ca^{++} e PO_4^{3-} , promovendo a formação de cristais de cálcio, as hidroxiapatitas. Estas conferem rigidez aos ossos devido à presença desses sais na matriz formando então a matriz inorgânica (SHARMA et al., 2023). O processo de remodelamento e reabsorção do tecido ósseo (matriz inorgânica) é orquestrado pelos osteócitos, principalmente proveniente do estresse mecânico e de alterações na regulação estrutural e biomecânica de toda massa óssea (PIZAURO JUNIOR, GONÇALVES e SANTOS, 2017).

Dessa forma como já podemos notar a matriz óssea é constituída por dois componentes principais: componentes inorgânicos onde predomina-se a hidroxiapatita e os componentes orgânicos constituídos principalmente por colágeno tipo I, mas sendo possível encontrar componentes não cartilagosos como proteoglicanos, sialoproteínas e glicoproteínas (KINI e NANDEESH, 2012; BLACK, GARCIA e ELLESTAD, 2023).

2. 2 MINERALIZAÇÃO, REMODELAMENTO, METABOLISMO CELULAR E REGULAÇÃO HORMONAL DO TECIDO ÓSSEO

A formação óssea, conhecida como ossificação, é um complexo processo fisiológico coordenado pelos osteoblastos e pela matriz óssea. Esse processo ocorre de duas maneiras principais: intramembranosa, que é típica dos ossos formados durante o desenvolvimento fetal, e endocondral, na qual a cartilagem pré-existente se calcifica. A ossificação endocondral é característica dos ossos longos, onde as placas de crescimento, localizadas na epífise e metáfise, calcificam-se para promover o crescimento longitudinal (HUANG et al., 2019; BLACK, GARCIA e ELLESTAD, 2023).

A ossificação endocondral, ocorre através de um processo coordenado de proliferação diferenciação e maturação de condrócitos dentro da placa de crescimento (MACKIE et al., 2008). O processo inicia-se pela conjugação de células mesenquimais ainda em fase embrionária posteriormente as células diferenciam-se em condrócitos, e passam a secretar na matriz cartilaginosa rica em colágeno tipo II. Após a proliferação inicial, os condrócitos iniciam um processo de diferenciação e hipertrofia, sendo essa a principal responsável pelo crescimento esquelético. Os condrócitos hipertróficos em fase final interrompem a secreção de colágeno tipo II e iniciam a secreção de colágeno tipo X, liberando fatores responsáveis por realizar a quebra da matriz de calcificação e fator de crescimento endotelial vascular, metaloproteinase de matriz 13, proteína morfogenética óssea-2, osteopontina e osteocalcina. A vascularização invasiva ocorre em seguida, desencadeando a reabsorção da matriz condroide oriunda da cartilagem hipertrófica, esses vasos recrutam com eles precursores de osteoblastos e osteoclastos, que dão origem aos ossos trabeculares que em seguida são remodelados e para formar o osso cortical (maduro) (LONG e ORNITZ, 2013; KINI e NANDEESH, 2012; YAN et al., 2016).

Ao contrário, a calcificação intramembranosa induz a formação óssea sem haver a necessidade do desenvolvimento de cartilagens (KO e LIM, 2018). O processo de desenvolvimento ocorre através de membranas fibrosas durante a fase embrionária, onde há sinalização das células mesenquimais formando um modelo ósseo, as quais diferenciam-se em osteoblastos no centro de ossificação. Os osteoblastos são responsáveis por liberar a matriz extracelular e adicionar cálcio, o que resulta no endurecimento da matriz. A parte não mineralizada do osso (também conhecida como osteóide) continua a se desenvolver ao redor dos vasos sanguíneos, formando o osso esponjoso. O tecido conjuntivo presente na matriz se transforma em

medula óssea vermelha durante a fase fetal. Com o tempo, o osso esponjoso é remodelado e se transforma em uma fina camada de osso compacto na superfície (SAWAD, HANA e AL-SILAW, 2009; KINI e NANDEESH, 2012).

O remodelamento ósseo é um processo contínuo e dinâmico que visa preservar a integridade e a funcionalidade do esqueleto frente a diversos fatores estressores, sejam eles fisiológicos, hormonais ou mecânicos. Nesse processos, os osteoclastos realizam a reabsorção óssea, enquanto os osteoblastos promovem a formação óssea (DAR et al., 2018; SHARMA et al., 2023).

Em frangos de corte de crescimento rápido, o remodelamento ósseo ocorre em um ritmo acelerado devido à rápida taxa de crescimento e elevada demanda metabólica do tecido ósseo. O osso trabecular, com sua maior área de superfície e maior atividade metabólica em comparação com o osso cortical, é mais suscetível a taxas mais altas de reabsorção óssea (KIM et al., 2012; TOMPKINS et al., 2023).

O processo de remodelamento ósseo em aves é estritamente regulado pela osteoclastogênese e osteoblastogênese em nível celular. Esse processo é desencadeado por alterações na secreção de hormônios relacionados com a homeostase do cálcio, incluindo os hormônios da paratireoide, calcitriol, calcitonina e estrogênio, além de ser responsivo a estresse mecânico ou estímulos imunológicos. O remodelamento ósseo ocorre em três fases distintas: (i) início da reabsorção pelos osteoclastos, (ii) transição da reabsorção para a formação de novo osso (reversão), e (iii) formação de um novo tecido ósseo (SIMS e GOOI, 2008; OKAMOTO et al., 2017).

Alterações no nível de cálcio, estresse mecânico ou lesão óssea, desencadeiam uma resposta fisiológica dos osteócitos e osteoblastos que realizam o recrutamento de células precursoras dos osteoclastos na superfície óssea. Para que a reabsorção óssea ocorra primeiramente há um aumento na expressão do ativador do receptor ligante do fator nuclear kappa-B (RANKL), e uma diminuição da osteoprotegerina (OPG) produzida pelos osteoblastos, também seguida de um aumento na produção de esclerostina através dos osteócitos, gerando assim um estímulo conjunto da osteoclastogênese mediada pelo RANKL. Os osteoclastos multinucleados fazem a degradação e a reabsorção da matriz mineralizada do osso através das enzimas colagenolíticas, como a catepsina K e a fosfatase ácida resistente ao tártaro e o ácido clorídrico. Após a reabsorção dos ossos mineralizados as células mononucleares removem o colágeno restante (NAKASHIMA et al., 2011; OKAMOTO et al., 2017; SHARMA et al., 2023).

O aumento da concentração de fatores de crescimento ocasiona o direcionamento de células-tronco mesenquimais para o local em que está ocorrendo a reabsorção óssea, essas células se diferenciam em osteoblastos, os quais depositarão a matriz óssea inorgânica, chamada de osteóide, nos locais de reabsorção óssea que posteriormente calcifica-se (TANG et al., 2009). O processo de remodelação óssea só cessa quando há homeostase e os osteoblastos se incorporam na matriz óssea e se diferenciam em osteócitos ou sofrem apoptose (SIMS e GOOI, 2008).

A regulação do metabolismo ósseo e mineral é resultado das interações entre três hormônios fundamentais – paratormônio (PTH), calcitonina e a vitamina D – que agem e dependem de maneira distinta em três órgãos-alvo: ossos, rins e trato gastrointestinal. Essa regulação visa controlar os níveis de minerais ósseos, como cálcio e fósforo além de controlarem também os níveis séricos plasmáticos (PROSZKOWIEC-WEGLARZ e ANGEL, 2013). O osso desempenha um papel fisiológico crucial, atuando como um grande reservatório de cálcio. O Ca no plasma e nos outros fluidos extracelulares está ligado a ácidos orgânicos, e a proteínas ionizadas (BAR, 2008).

O PTH é sintetizado no retículo endoplasmático das glândulas paratireóides através de ordenações fisiológicas e é metabolizado por proteases. Este hormônio, que possui uma meia-vida circulante curta, é metabolizado no fígado, rins e sangue. Além disso, o PTH regula as concentrações séricas de cálcio e fósforo, e a diminuição desses íons, principalmente cálcio, é o principal sinal regulatório para a secreção do PTH. Por meio de ações combinadas, o PTH aumenta a reabsorção de cálcio no rim, principalmente no túbulo contorcido distal, e estimula a reabsorção de fosfato no túbulo proximal renal, causando assim quadros de hipercalcemia e hiperfosfatemia (MOE, 2008; KINI e NANDEESH, 2012; PROSZKOWIEC-WEGLARZ e ANGEL, 2013).

O PTH, que regula as respostas de cálcio nas células da tireoide, também é responsável pela secreção de calcitonina (CT), cuja liberação é principalmente estimulada pelo aumento dos níveis plasmáticos de cálcio. A CT é secretada pelas células parafoliculares da tireoide, assim como por outras células neuroendócrinas. Em contraste com o hormônio da paratireoide (PTH), a hipercalcemia estimula a secreção de CT, que, por sua vez, promove a redução dos níveis de cálcio no sangue, enquanto a hipocalcemia inibe a liberação de CT. A ação da calcitonina inclui a inibição

da reabsorção óssea, aumento da excreção de cálcio e fósforo, resultando na diminuição dos níveis sanguíneos desses minerais (KINI e NANDEESH, 2012; DACKE, SUGIYAMA e GAY, 2015).

A vitamina D é um hormônio essencial para a regulação do desenvolvimento do tecido ósseo, bem como para o metabolismo e a homeostase óssea (HIL e FERRANTE, 2016). O calciferol (vitamina D3) e o ergosterol (vitamina D2) são compostos-chaves envolvidos nessa regulação. A vitamina D3 é sintetizada na pele a partir do metabolito do colesterol 7-desidrocolesterol sob a influência da radiação ultravioleta. Após sua síntese, ela se liga ao cálcio e demonstra afinidade pela hidroxiapatita, sugerindo seu papel na dinâmica mineral óssea (DACKE, SUGIYAMA e GAY, 2015; HIL e FERRANTE, 2016; PIZAURO JUNIOR, GONÇALVES e SANTOS, 2017).

A vitamina D possui vários efeitos no metabolismo mineral, tais como na absorção intestinal de cálcio, aumentando principalmente a absorção no jejuno e no íleo, estimulando a captação de cálcio através da membrana da borda em escova dos enterócitos (regulados pelo receptor de vitamina D (VDR)). O VDR de membrana fornece respostas mais rápidas e não genômicas em casos de estresse agudo, além disso, a vitamina D influencia diretamente o remodelamento ósseo, promovendo a mineralização do osteóide e estimulando a reabsorção óssea pelos osteoclastos maduros, bem como a expressão de diversas proteínas ósseas, como a osteocalcina e regula a transcrição das mesmas com efeitos bidirecionais na transcrição do gene do colágeno tipo I e da fosfatase alcalina. No rim, ela reduz a excreção de cálcio e fósforo e aumenta os níveis sanguíneos desses minerais (BAR 2008; KINI e NANDEESH, 2012).

2. 3 ANORMALIDADES E DESORDENS ÓSSEAS EM FRANGOS DE CORTE

As doenças ósseas são de grande prevalência na indústria avícola moderna, e resultam da interrupção dos processos normais de formação óssea e homeostase (HUANG et al., 2023). Além disso, fatores, como genética, composição da dieta, métodos de alimentação e manejo, infecções intercorrentes, ingestão de micotoxinas (KIEROŃCZYK et al., 2017; XU et al., 2024) e alta densidade de alojamento podem contribuir para o agravamento dessa condição (JONG et al., 2021). Esses fatores resultam em disfunção motora, acompanhada de sinais de claudicação, movimentos

lentos e dificuldade de ficar em pé (XU et al., 2022), também reduzem o desempenho da produção e a qualidade da carne (HUANG et al., 2021; CAO et al., 2020).

Os frangos de corte são suscetíveis a vários fatores estressores, incluindo o estresse social decorrente da criação em ambientes de alta densidade e o estresse térmico causado por condições de calor ou frio. O estresse ativa o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, levando a um aumento na síntese de corticosterona pelas glândulas supra-renais (LYASERE et al., 2017). O excesso de corticosterona afeta a massa óssea ao aumentar a proliferação de osteoclastos e inibir a osteoblastogênese (HENNEICKE et al., 2014), resultando na redução da densidade mineral óssea (KANG et al., 2016).

O alto desafio imposto aos frangos modernos ocasiona uma série de doenças locomotoras como a dermatite podal, discondroplasia tibial, condronecrose bacteriana com osteomielite (BCO), deformações angulares dos ossos longos, artrites sépticas e assépticas que têm sido reconhecidas como os principais motivos que causam claudicação em frangos de corte (HOSSAIN et al., 2018; XU et al., 2024). Essas doenças não apenas limitam severamente o movimento normal e a capacidade de alimentação dos frangos, mas também o crescimento e desenvolvimento da estrutura óssea, afetando assim crescimento dos frangos e as taxas de ganho de peso (HUANG et al., 2023).

As doenças locomotoras apresentam-se clinicamente muito semelhantes, com sinais clínicos iniciais de dificuldade locomotora. O diagnóstico, nesses casos, só é possível por meio da necrópsia, devido a limitação de métodos invasivos (LIU et al., 2023).

O desenvolvimento prejudicado dos ossos das pernas pode aumentar a suscetibilidade à microfraturas na epífise e metáfise dos ossos, comprometendo diretamente a capacidade de locomoção e o acesso aos bebedouros e comedouros, restringindo a alimentação, o que afeta diretamente o estado de saúde desses animais. Isso resulta em crescimento deficiente, alta taxa de mortalidade, principalmente na fase final de produção, além da diminuição na deposição e qualidade da carne. Existe também o comprometimento da eficiência de abate e no processamento dos frangos de corte (XU et al., 2022). Algumas deformidades esqueléticas afetam diretamente a operação dos equipamentos automáticos de evisceração e desossa no processamento das carcaças, impactando na velocidade do processo de abate, o que impõem a necessidade de processamento manual,

causando maior desperdício de produto. Além disso, a fragilidade óssea pode impactar na qualidade de cor da carne, além dos fragmentos ósseos representarem um perigo físico ao consumidor (OVIEDO-RONDÓN et al., 2009).

2. 3. 1 Condronecrose bacteriana com osteomielite (BCO) – etiologia e patogênese

Problemas de saúde das pernas e claudicação podem ter origem infecciosa e não infecciosa (WEIMER et al., 2021). A condronecrose bacteriana com osteomielite (BCO), uma das principais causas infecciosas de claudicação em frangos de corte, é caracterizada pela infiltração bacteriana e subsequente colonização hematogênica das placas de crescimento femoral proximal e tibiotársica, o que leva à necrose e, eventualmente, à claudicação (WIDEMAN, 2016; KIEROŃCZYK et al., 2017).

A patogênese da BCO normalmente se desenvolve ao longo de vários dias antes da observação de sinais clínicos, tornando o diagnóstico difícil de ser realizado previamente, além de ser um estressor crônico para a ave (GUZ, 2022). Os sinais clínicos frequentemente observados de forma visual são a claudicação e a utilização das asas para sustentar o corpo (PETRY et al., 2018).

A doença é caracterizada pela necrose devido à infecção que ocorre nas placas de crescimento proximais do fêmur e tíbia. Os principais agentes isolados em granjas comerciais foram *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Enterococcus cecorum* e *Staphylococcus hyicus* (WIDEMAN, 2016). Normalmente, esses patógenos translocam-se dos tratos respiratório e gastrointestinal para a corrente sanguínea, espalhando-se por via hematogênica invadindo as placas de crescimento dos frangos de corte (WIDEMAN e PRISBY, 2013; AL-RUBAYE et al., 2020).

As bactérias que possuem capacidade de ligação ao colágeno, ao entrarem na corrente sanguínea através do trato respiratório ou gastrointestinal, podem colonizar locais de lesões preexistentes nas placas de crescimento que é altamente vascularizada e se encontra sob intenso estresse mecânico (AL-RUBAYE et al., 2015). Esses locais de lesões frequentemente apresentam focos de necrose sendo este um ambiente de hipóxia tecidual. Conforme a infecção persiste a inflamação e a necrose causam desgaste ósseo e a claudicação se manifesta como sinal clínico (AL-RUBAYE et al., 2020).

Substâncias líticas liberadas em locais de colonização bacteriana promovem necrose generalizada dentro da zona calcificante da metáfise, destruindo a

vasculatura e eliminando suportes do osso trabecular metafisário que normalmente fornecem reforço estrutural às placas de crescimento (WIDEMAN e PRISBY, 2013).

2. 3. 1. 1 Fatores predisponentes para a ocorrência de BCO em frangos de corte

A BCO é considerada uma infecção secundária através de desafios sanitários entéricos, gástricos e respiratórios, além de fatores imunossupressores, ambientais e nutricionais (KIEROŃCZYK et al., 2017; PEDERSEN et al., 2020). Os modelos de indução experimental da BCO incluem a utilização de telas sobre as camas (GILLEY et al., 2014; AL-RUBAYE et al., 2017; AL-RUBAYE et al., 2020), a utilização de dispersão microbiológica de forma aerossol (ASNAYANTI et al., 2024) e o fornecimento de dietas contaminadas por micotoxinas (ALHARBI et al., 2024).

A coccidiose traz grandes riscos para a saúde óssea das aves, suprimindo a taxa de crescimento ósseo e conseqüentemente prejudicando a qualidade óssea. Os riscos são atribuídos à perturbação da homeostase óssea resultante do estresse oxidativo induzido pela coccidiose (SHARMA et al., 2023; TOMPKINS et al., 2023).

O estresse mecânico associado à locomoção pode induzir microfraturas nas placas de crescimento femoral e tibial, criando locais adicionais propícios para a colonização bacteriana e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de lesões micro e macroscópicas (WIDEMAN e PRISBY, 2013).

O estresse mecânico crônico exercido sobre as placas de crescimento resulta na formação de fendas osteocondróticas ou microfraturas entre e dentro das camadas de cartilagem. Essas fissuras osteocondróticas frequentemente interrompem os vasos sanguíneos locais, levando à isquemia focal e necrose tecidual (WIDEMAN e PRISBY, 2013). A isquemia focal também é atribuída ao fluxo sanguíneo reduzido e à trombose causada pela compressão das camadas de cartilagem, devido a inatividade dos frangos de corte e a dificuldade aumentada no fluxo através dos canais vasculares longos e estreitos que irrigam as placas de crescimento da cabeça femoral e tibial (WIDEMAN, 2016).

Os estressores desencadeiam a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, promovendo a liberação de corticosterona que são frequentemente utilizadas como indicador de estresse em estudos de bem-estar animal (WEIMER et al., 2021). Esse estado de estresse amplifica a atividade dos osteoclastos, resultando em aumento da reabsorção óssea e desequilíbrio na remodelação óssea, contribuindo, assim, para a deterioração da qualidade óssea e o surgimento de osteopatias (LIU et al., 2023).

Os fatores genéticos relacionados à rápida taxa de crescimento dos frangos de corte modernos são identificados como predisponentes à ocorrência de BCO. A conformação corporal, biomecânica e comportamento individual das aves podem agravar ainda mais a incidência da doença, o considerável ganho de peso corporal observado nos frangos de corte, excedendo significativamente a taxa de maturidade das placas cartilaginosas de crescimento nos ossos proximais das pernas, é reconhecido como o principal determinante da suscetibilidade ao surgimento da BCO na indústria avícola (WIDEMAN e PRISBY, 2013; WIDEMAN, 2016; STEINEROVA et al., 2023; KIEROŃCZYK et al., 2017; XU et al., 2024). Peixoto et al. 2015, detectaram a expressão diferencial de 153 genes em um estudo de transcriptoma comparativo entre frangos de corte normais e afetados por BCO aos 35 dias de idade, destacando variações na expressão genética relacionada ao surgimento dessa patologia.

A utilização de alimentos contaminados com micotoxinas é um fator predisponente para a claudicação em frangos de corte e a ocorrência do BCO. O desoxinivalenol (DON) e a fumonisita (FUM) têm sido associados à perda da integridade da barreira intestinal, redução na produção de peptídeos e citocinas antimicrobianas, bem como impacto na viabilidade, adesão e capacidade fagocitária dos fagócitos mononucleares (WAN et al., 2013; ALHARBI et al., 2024).

A nutrição é um pilar importante na melhora da saúde óssea das aves. É relatado que o zinco orgânico melhora a integridade epitelial, a saúde intestinal e a função imunológica (ZAKARIA et al., 2017), além de promover a renovação e síntese de colágeno na cartilagem e no osso em maturação (SIRRI et al., 2016). O cálcio também desempenha um papel importante na qualidade óssea, afetando diretamente na quantidade de cinzas ósseas, seu desequilíbrio leva a diminuição em níveis de fósforo, e propicia maiores índices de porosidade nos ossos. A disponibilidade de cálcio está diretamente relacionada a granulometria, melhorando consideravelmente com a diminuição do tamanho de partícula, e a fonte de cálcio, onde o calcário calcítico destaca-se pela alta biodisponibilidade devido as camadas de íons de cálcio e carbonato (ABDULLA et al., 2017; SILVA, 2017).

A suscetibilidade a fatores estressantes dos pintinhos na primeira semana de vida pode ser ocasionada pelo manejo pós nascimento ocorrido dentro dos incubatórios, as condições inadequadas de transporte e más condições de recebimento e adaptações as condições de crescimento das aves, que podem

comprometer não somente o crescimento, mas também o desempenho produtivo e o desenvolvimento ósseo das aves (BERGOUG et al., 2013).

O transporte inadequado de pintinhos de um dia de idade pode comprometer seu futuro desempenho produtivo tornando-os mais susceptíveis as patologias ósseas, devido ao aumento de fatores estressantes (HOLLEMANS et al., 2018). Um estudo conduzido por Oviedo-Rondon et al. (2009) sobre as condições de transporte de pintinhos de um dia de vida apontou que o estresse durante o transporte comprometeu o desenvolvimento dos ossos longos das aves acarretando maior incidência de problemas locomotores aos 41 dias de vida causando nessas aves maior incidência de claudicação grave. Além disso, Hopcroft et al. (2019), observaram, que a demora no transporte das aves após a eclosão, tem impacto direto na mineralização do fêmur.

Muitos outros fatores envolvidos na criação das aves podem ocasionar problemas locomotores. Camas de aviário de baixa qualidade, com presença de torrões e cascos podem ser um fator desencadeante de microfraturas mecânicas nas pernas das aves (TAHAMTANI et al., 2020). Wideman Junior et al. (2012), apontaram que a persistência de instabilidade e a tensão de cisalhamento nas articulações ósseas, tornam as aves mais susceptíveis ao surgimento de patologias ósseas, visto que o estresse mecânico exercido continuamente nas placas de crescimento devido ao ajuste desproporcional na altura de bebedouro, cria microfraturas entre e dentro das camadas de cartilagem as quais seccionam os vasos sanguíneos causando isquemia focal e posteriormente necrose. A combinação da isquemia óssea e fatores de estresse biomecânico, são apontados como precursores de várias doenças ósseas (WIDEMAN, 2016). O ajuste de *nipple* é um manejo corriqueiro nas granjas comerciais, porém, o desnivelamento das linhas de bebedouro ao longo do aviário pode resultar em alterações na biomecânica da ave, gerando mais impactos em qualidade óssea devido a alteração proporcional de peso (HUANG et al., 2019) e na postura da ave proporcionando alterações estruturais ósseas importantes em tíbia e fêmur, mas também, pode contribuir com o surgimento de lesões em vertebras torácicas, prejudicando não somente o desenvolvimento, mas o bem-estar das aves (FODOR et al., 2023). Além disso, também são apontados fatores ambientais como camas com temperatura baixa e excesso de umidade nos períodos mais frios, má ventilação e excesso de gases nocivos são apontados como fatores estimulantes para

o surgimento de problemas locomotores nas aves (PEDERSEN et al., 2020; LIU et al., 2023).

3 REFERÊNCIAS

ABDULLA, N. R.; LOH, T. C.; AKIT, H.; SAZILI, A. Q.; FOO, H. L.; KAREEM, K. Y.; MOHAMAD, R.; RAHIM, R. A. Effects of dietary oil sources, calcium and phosphorus levels on growth performance, carcass characteristics and bone quality of broiler chickens. **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, n. 1, 2017.

ABPA, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2023**. 75p. 2023.

ALHARBI, K.; EKESI, N.; HASAN, A.; ASNAYANTI, A.; LIU, J.; MURUGESAN, R.; RAMIREZ, S.; ROCHELL, S.; KIDD, M. T.; AL-RUBAYE, A. Deoxynivalenol and fumonisin predispose broilers to bacterial chondronecrosis with osteomyelitis lameness. **Poultry Science**, v. 103, n. 5, 2024.

AL-RUBAYE, A. A. K.; COUGER, M. B.; OJHA, S.; PUMMIL, J. F.; KOON II, J. A.; WIDEMAN, R. F.; RHOADS, D. D. Genome Analysis of *Staphylococcus agnetis*, an Agent of Lameness in Broiler Chickens. **Plos One**, v. 10, n. 11, 2015.

AL-RUBAYE, A. A. K.; EKESI, N. S.; HASAN, A.; KOLTES, D. A.; WIDEMAN JUNIOR, R. F.; RHOADS, D. D. Chondronecrosis with osteomyelitis in broilers: further defining a bacterial challenge model using standard litter flooring and protection with probiotics. **Poultry Science**, v. 99, n. 12, p. 6474-6480, 2020.

AL-RUBAYE, A. A. K.; EKESI, N. S.; ZAKI, S.; EMAMI, N. K.; WIDEMAN JUNIOR, R. F.; RHOADS, D. D. Chondronecrosis with osteomyelitis in broilers: Further defining a bacterial challenge model using the wire flooring model. **Poultry Science**, v. 96, n. 2, p. 332-340, 2017.

AMIRRAH, I. N.; LOKANATHAN, Y.; ZULKIFLEE, I.; WEE, M. F. M. R.; MOTTA, A.; FAUZI, M. B. A Comprehensive Review on Collagen Type I Development of Biomaterials for Tissue Engineering: From Biosynthesis to Bioscaffold. **Biomedicines**, v. 10, n. 9, 2022.

ARAUJO, G. M.; VIEITES, F. M.; SOUZA, C. S. Importância do desenvolvimento ósseo na avicultura. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, p. 79-89, 2012.

ASNAYANTI, A.; DO, A. D. T.; ALHARBI, K.; ALRUBAYE, A. Inducing experimental bacterial chondronecrosis with osteomyelitis lameness in broiler chickens using aerosol transmission model. **Poultry Science**, v. 103, n. 3, 2024.

BAR, R. Calcium homeostasis and vitamin D metabolism and expression in strongly calcifying laying birds. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 151, n. 4, p. 477-490, 2008.

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. Different litter compositions influence broiler chicken locomotion. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v. 23, n. 2, p. 137-146, 2022.

BERGOUG, H.; GUINEBRETIERE, M.; TONG, Q.; ROULSTON, N.; ROMANINI, C. E. B.; EXADAKTYLOS, V.; BERCKMANS, D.; GARAIN, P.; DEMMERS, T. G. M.; MCGONNELL, I. M.; BAHR, C.; BUREL, C.; ETERRADOSSI, N.; MICHEL, V. Effect of transportation duration of 1-day-old chicks on postplacement production performances and pododermatitis of broilers up to slaughter age. **Poultry Science**, v. 92, n. 12, p. 3300-3309, 2013.

BLACK, M. S.; GARCIA, R. A.; ELLESTAD, L. E. Physiological regulation of calcium and phosphorus utilization in laying hens. **Frontiers in Physiology**, v. 14, n. 1112499, 2023.

BORON, W. F.; BOULPAEP, E. L. **Medical Physiology: a cellular and molecular approach**, 2009.

CAO, Q.; KONG, A.; TAO, K.; ZHENG, S.; TONG, C.; WANG, X.; TONG, Z.; REHMAN, M. U.; HUANG, S. Characterization of growth performance, meat quality and serum biochemical parameters in chickens suffering from tibial dyschondroplasia. **Livestock Science**, v. 233, 2020.

CAVANI, R.; RUBIO, M. S.; PIZAURO, L. J. L.; CARDOZO, M. V.; ALVES, K. A. P. Problemas locomotores e qualidade de Carne. **AviNews**, 23 ago. 2021.

CHARUTA, A.; GAPPA, M. D.; KOMOSA, M.; BIESIADA-DRZAZGA B. Age- and Sex-Related Changes in Mineral Density and Mineral Content of the Tibiotarsal Bone in Quails During Post-hatching Development. **Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi**, v. 19, n. 1, 2013.

CHEN, X.; WANG, Z.; DUAN, N.; ZHU, G.; SCHWARZ, E. M.; XIE, C. Osteoblast–osteoclast interactions. **Connective Tissue Research**, v. 59, n. 2, 2018.

CLARKE, B. Normal Bone Anatomy and Physiology. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 3, n. 3, p. 131-139, 2008.

DACKE, C. G.; SUGIYAMA, T.; GAY, C. V. The Role of Hormones in the Regulation of Bone Turnover and Eggshell Calcification. In: SCANES, C. G. **Sturkie's Avian Physiology. Academic Press**, cap. 25, p. 549-575, 2015.

DAR, H. Y.; AZAM, Z.; ANUPAM, R.; MONDAL, R. K.; SRIVASTAVA, R. K. Osteoimmunology: The nexus between bone and immune system. **Frontiers In Bioscience**, v. 23, p. 464-492, 2018.

EIJK, J. A. J.; HARN, J.; GUNNINK, H.; MELIS, S.; RIEL, J. W.; JONG, I. C. Fast- and slower-growing broilers respond similarly to a reduction in stocking density with regard to gait, hock burn, skin lesions, cleanliness, and performance. **Poultry Science**, v. 102, n. 5, 2023.

FARQUHARSON, C.; JEFFERIES, D. Chondrocytes and longitudinal bone growth: the development of tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 994-1004, 2000.

FODOR, I.; SLUIS, M.; JACOBS, M.; KLERK, B.; BOUWMAN, A. C.; ELLEN, E. D. Automated pose estimation reveals walking characteristics associated with lameness in broilers. **Poultry Science**, v. 102, n. 8, 2023.

FRANZ-ODENDAAL, T. A. F.; HALL, B. K.; WITTEN, P. E. Buried alive: how osteoblasts become osteocytes. **Developmental Dynamics**, v. 235, n. 1, p. 176-190, 2006.

GIERSBERG, M. F.; POOLEN, I.; BAERE, K.; GUNNINK, H.; HATTUM, T.; RIEL, J. W.; JONG, I. C. Comparative assessment of general behaviour and fear-related responses in hatchery-hatched and on-farm hatched broiler chickens. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 232, 2020.

GILLEY, A. D.; LESTER, H.; PEVZNER, I. Y.; ANTHONY, N. B.; WIDEMAN JUNIOR, R. F. Evaluating portable wire-flooring models for inducing bacterial chondronecrosis with osteomyelitis in broilers. **Poultry Science**, v. 93, n. 6, p. 1354-1367, 2014.

- GOCSIK, E.; SILVERA, A. M.; HANSSON, H.; SAATKAMP, H. W.; BLOKHUIS, H. J. Exploring the economic potential of reducing broiler lameness. **British Poultry Science**, v. 58, n. 4, 2017.
- GRANQUIST, E. G.; VASDAL, G.; JONG, I. C.; MOE, R. O. Lameness and its relationship with health and production measures in broiler chickens. **Animal**, v. 13, n. 10, p. 2365-2372, 2019.
- GUZ, B. C. **Healthy bones for broiler chickens**. Wageningen University and Research, 2022.
- HARADA, S.; RODAN, G. A. Control of osteoblast function and regulation of bone mass. **Nature**, v. 423, 2003.
- HEDLUND, L.; WHITTLE, R. H.; JENSEN, P. Effects of commercial hatchery processing on short- and long-term stress responses in laying hens. **Scientific Reports**, v. 9, n. 2367, 2019.
- HENNEICKE, H.; GASPARINI, S. J.; BRENNAN-SPERANZA, T. C.; ZHOU, H.; SEIBEL, M. J. Glucocorticoids and bone: local effects and systemic implications. **Trends in Endocrinology and Metabolism**, v. 25, n. 4, p. 197-211, 2014.
- HIL, C. S.; FERRANTE, A. The Non-Genomic Actions of Vitamin D. **Nutrients**, v. 8, n. 3, 2016.
- HOLLEMANS, M. S.; VRIES, S.; LAMMERS, A.; CLOUARD, C. Effects of early nutrition and transport of 1-day-old chickens on production performance and fear response. **Poultry Science**, v. 97, n. 7, p. 2534-2542, 2018.
- HOPCROFT, R. L.; COWIESON, A. J.; MUIR, W. I.; GROVES, P. J. Changes to mineral levels in the yolk of meat chicken embryos during incubation. **Poultry Science**, v. 98, n. 3, p. 1511-1516, 2019.
- HOSSAIN, M. A.; ZULKIFILI, I.; ISLAM, S.; AWAD, E. A. Effect of wood shaving litter density on the growth, leg disorders and manurial value in broiler. **Bangladesh Journal of Animal Science**, v. 47, n. 1, p. 21-27, 2018.
- HUANG, S.; CAO, Q.; CAO, Y.; YANG, Y.; XU, T.; YUE, K.; LIU, F.; TONG, Z.; WANG, X. *Morinda officinalis* polysaccharides improve meat quality by reducing oxidative damage in chickens suffering from tibial dyschondroplasia. **Food Chemistry**, v. 344, 2021.

HUANG, S.; HE, Y.; CHEN, P.; LIU, K. SHAUKAT, A. Gut microbiota as a target in the bone health of livestock and poultry: roles of short-chain fatty acids. **Animal Diseases**, v. 3, n. 23, 2023.

HUANG, S.; KONG, A.; CAO, Q.; TONG, Z.; WANG, X. The role of blood vessels in broiler chickens with tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, v. 98, n. 12, p. 6527-6532, 2019.

JACOB, F. G.; BARACHO, M. S.; NÄÄS, I. A.; SOUZA, R.; SALGADO, D. D. The use of infrared thermography in the identification of pododermatitis in broilers. **Engenharia Agricola**, v. 36, n. 2, p. 253-259, 2016.

JONG, I. C.; BLAAUW, X. E.; EIJK, J. A. J.; SILVA, C. S.; KRIMPEN, M. M.; MOLENAAR, R.; BRAND, H. Providing environmental enrichments affects activity and performance, but not leg health in fast- and slower-growing broiler chickens. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 241, 2021.

JONG, I. C.; GUNNINK, H.; HARN, J. Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 1, p. 51-58, 2014.

JONG, I. C.; HATTUM, T.; RIEL, J. W.; BAERE, K.; KEMPEN, I.; CARDINAELS, S.; GUNNINK, H. Effects of on-farm and traditional hatching on welfare, health, and performance of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 99, n. 10, p. 4662-4671, 2020.

KANG, H. K.; PARK, S. B.; KIM, S. H.; KIM, C. H. Effects of stock density on the laying performance, blood parameter, corticosterone, litter quality, gas emission and bone mineral density of laying hens in floor pens. **Poultry Science**, v. 95, n. 12, p. 2764-2770, 2016.

KIERONCZYK, B.; RAWSKI, M.; JOSEFIK, D.; SWIATKIEWICZ, S. Infectious and non-infectious factors associated with leg disorders in poultry. **Annals of Animal Science**, v. 17, n. 3, 2017.

KIKUTA, J.; ISHII, M. Bone Imaging: Osteoclast and Osteoblast Dynamics. **Methods in Molecular Biology**, v. 1763, p. 1-9, 2018.

KIM, W. K.; BLOOMFIELD, S. A.; SUGIYAMA, T.; RICKE, S. C. Concepts and methods for understanding bone metabolism in laying hens. **World's Poultry Science Journal**, v. 68, n. 1, p. 71-82, 2012.

KINI, U.; NANDEESH, B. N. Physiology of Bone Formation, Remodeling, and Metabolism. In: FOGELMAN, I., GNANASEGARAN, G.; WALL, H. **Radionuclide and Hybrid Bone Imaging**. Springer, 2012.

KNOWLES, T. G.; KESTIN, S. C.; HASLAM, S. M.; BROWN, S. N.; GREEN, L. E.; BUTTERWORTH, A.; POPE, S. J.; PFEIFFER, D.; NICOL, C. J. Leg Disorders in Broiler Chickens: Prevalence, Risk Factors and Prevention, **Plos One**, v. 3, n. 2, 2008.

KO, D.; LIM, J. M. Biology and Potential Use of Chicken Bone Marrow-derived Cells. **Journal of Embryo Transfer**, v. 33, n. 1, p. 31-40, 2018.

LIU, K.; HE, Y.; XU, B.; LIN, L.; CHEN, P.; IQBAL, M. K.; MEHMOOD, K.; HUANG, S. Leg disorders in broiler chickens: a review of current knowledge. **Animal Biotechnology**, v. 34, n. 9, p. 5124-5138, 2023.

LONG, F.; ORNITZ, D. M. Development of the Endochondral Skeleton. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v. 5, n. 1, 2013.

LYASERE, O. S.; BEARD, A. P.; GUY, J. H.; BATESON, M. Elevated levels of the stress hormone, corticosterone, cause 'pessimistic' judgment bias in broiler chickens. **Scientific Reports**, v. 7, n. 6860, 2017.

MACKIE, E. J.; AHMED, Y. A.; TATARCZUCH, L.; CHEN, K. S.; MIRAMS, M. Endochondral ossification: How cartilage is converted into bone in the developing skeleton. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 40, p. 46-62, 2008.

MEYER, M. M.; JOHNSON, A. K.; BOBECK, E. A. A novel environmental enrichment device increased physical activity and walking distance in broilers. **Poultry Science**, v. 99, n. 1, p. 48-60, 2020.

MOE, S. M. Disorders Involving Calcium, Phosphorus, and Magnesium. **Prim Care**, v. 35, n. 2, 2008.

NAKASHIMA, T.; HAYASHI, M.; FUKUNAGA, T.; KURATA, K.; OH-HORA, M.; FENG, J. Q.; BONEWALD, L. F.; KODAMA, T.; WUTZ, A.; WAGNER, E. F.; PENNINGER, J. M.; TAKAYANAGI, H. Evidence for osteocyte regulation of bone homeostasis through RANKL expression. **Nature Medicine**, v. 17, p. 1231-1234, 2011.

OKAMOTO, K.; NAKASHIMA, T.; SHINOHARA, M.; NEGISHI-KOGA, T.; KOMATSU, N.; TERASHIMA, A.; SAWA, S.; NITTA, T.; TAKAYANAGI, H. Osteoimmunology: The

Conceptual Framework Unifying the Immune and Skeletal Systems. **Physiological Reviews**, v. 97, p. 1295-1349, 2017.

OVIEDO-RONDON, E. O.; WINELAND, M. J.; SMALL, J.; CUTCHIN, H.; MCELROY, A.; BARRI, A.; MARTIN, S. Effect of incubation temperatures and chick transportation conditions on bone development and leg health. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, n. 4, p. 671-678, 2009.

PEDERSEN, I. J.; TAHAMTANI, F. M.; FORKMAN, B.; YOUNG, J. F.; POULSEN, H. D.; RIBER, A. B. Effects of environmental enrichment on health and bone characteristics of fast growing broiler chickens. **Poultry Science**, v. 99, n. 4, p. 1946-1955, 2020.

PEIXOTO, J. O.; IBELLI, A. M. G.; CANTAO, M. E.; ZANELLA, R.; JAENISCH, F. R. F.; GIACHETTO, P. F.; SETTLES, M. L.; PANDOLFI, J. R. C.; COUTINHO, L. L.; LEDUR, M. C. **Expressão gênica relacionada à condronecrose bacteriana com osteomielite em frangos de corte de 35 dias de idade**. 52º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2015.

PETRY, B.; SAVOLDI, I. R.; IBELLI, A. M. G.; PALUDO, E.; PEIXOTO, J. O.; JAENISCH, F. R. F.; CUCCO, D. C.; LEDUR, M. C. New genes involved in the Bacterial Chondronecrosis with Osteomyelitis in commercial broilers. **Livestock Science**, v. 208, p. 33-39, 2018.

PIZAURO JUNIOR, J. M.; GONÇALVES, A. M.; SANTOS, L. F. Regulação do metabolismo ósseo por hormônios e íon inorgânicos. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. Jaboticabal: Funep, cap.20, 2017.

PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M.; ANGEL, R. Calcium and phosphorus metabolism in broilers: Effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 3, p. 609-627, 2013.

RAMSER, A.; GREENE, E.; ALRUBAYE, A. A. K.; WIDEMAN, R.; DRIDI, S. Role of autophagy machinery dysregulation in bacterial chondronecrosis with osteomyelitis. **Poultry Science**, v. 101, n. 5, 2022.

RIBER, A. B.; HERSKIN, M. S.; FOLDAGER, L.; BERENJIAN, A.; SANDERCOOK, D. A.; MURRELL, J.; TAHAMTANI, F. M. Are changes in behavior of fast-growing broilers

with slight gait impairment (GS0-2) related to pain?. **Poultry Science**, v. 100, n. 3, 2021.

SAWAD, A. A.; HANA, B. A.; AL-SILAWI, A. N. Morphological study of the skeleton development in chick embryo (*Gallus domesticus*), **Internacional Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 7, p. 710-714, 2009.

SEIFERT, M. F.; WATKINS, B. A. Role of dietary lipid and antioxidants in bone metabolism. **Nutrition Research**, v. 17, n. 7, p. 1209-1228, 1997.

SHARMA, M. K.; REGMI, P.; APPLGATE, T.; CHAI, L.; KIM, W. K. Osteoimmunology: A Link between Gastrointestinal Diseases and Skeletal Health in Chickens. **Animals**, v. 13, n. 11, 2023.

SILVA, A. N. **Fontes e granulometrias do calcário nas dietas inicial e crescimento de frangos de corte**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós- Graduação em Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba. 46p. 2017.

SIMS, N. A.; GOOI, J. H. Bone remodeling: Multiple cellular interactions required for coupling of bone formation and resorption. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, v. 19, n. 5, p. 444-451, 2008.

SIRRI, F.; MAIORANO, G.; TAVANIELLO, S.; CHEN, J.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A. Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 95, p. 1813-1824, 2016.

STEINEROVA, M.; HORECKY, C.; KNOLL, A.; NEDOMOVA, S.; SLAMA, P.; PAVLIK, A. Study of genes polymorphisms in RANK/RANKL/OPG and WNT signaling pathways and their associations with bone parameters in broiler chicken. **Heliyon**, v. 9, n. 11, 2023.

TAHAMTANI, F. M.; PEDERSEN, I. J.; RIBER, A. B. Effects of environmental complexity on welfare indicators of fast-growing broiler chickens. **Poultry Science**, v. 99, n. 1, p. 21-29, 2020.

TANG, Y.; WU, X.; LEI, W.; PANG, L.; WAN, C.; SHI, Z.; ZHAO, L.; NAGY, T. R.; PENG, X.; HU, J.; FENG, X.; HUL, W. V.; WAN, M.; CAO, X. TGF- β 1-induced migration of

bone mesenchymal stem cells couples bone resorption with formation. **Nature Medicine**, v. 15, p. 757-765, 2009.

TOMPKINS, Y. H.; CHOI, J.; TENG, P.; YAMADA, M.; SUGIYAMA, T.; KIM, W. K. Reduced bone formation and increased bone resorption drive bone loss in *Eimeria* infected broilers, **Scientific Reports**, v. 13, n. 616, 2023.

WAN, L. M.; WOO, C. J.; TURNER, P. C.; WAN, J. M.; EL-NEZAMI, H. Individual and combined effects of Fusarium toxins on the mRNA expression of pro-inflammatory cytokines in swine jejunal epithelial cells. **Toxicology Letters**, v. 220, n. 3, p. 238-246, 2013.

WEIMER, S.; L.; WIDEMAN, R.; F.; SCANES, C.; G.; MAUROMOUSTAKOS, A.; CHRISTENSEN, K. D; VIZZIER-THAXTON, Y. Impact of experimentally induced bacterial chondronecrosis with osteomyelitis (BCO) lameness on health, stress, and leg health parameters in broilers. **Poultry Science**, v. 100, n. 11, 2021.

WEN, X.; LI, X.; TANG Y.; TANG, J.; ZHOU, S.; XIE, Y.; GUO, J.; YANG, J.; DU, X.; SU, N.; CHEN, L. Chondrocyte FGFR3 regulates bone mass by inhibiting osteogenesis. **The Journal of Biological chemistry**, v. 291, n. 48, p. 24912-24921, 2016.

WIDEMAN JUNIOR, R. F.; HAMAL, K. R.; STARK, J. M.; BLANKENSHIP, J.; LESTER, H.; MITCHELL, K. N.; LORENZONI, G.; PEVZNER, I. A wire-flooring model for inducing lameness in broilers: Evaluation of probiotics as a prophylactic treatment. **Poultry Science**, v. 91, n. 4, p. 870-883, 2012.

WIDEMAN, R. F. Bacterial chondronecrosis with osteomyelitis and lameness in broilers: a review. **Poultry Science**, v. 95, n. 2, p. 325-344, 2016.

WIDEMAN, R. F.; PRISBY, R. D. Bone circulatory disturbances in the development of spontaneous bacterial chondronecrosis with osteomyelitis: a translational model for the pathogenesis of femoral head necrosis. **Frontiers in endocrinology**, v. 3, n. 183, 2013.

WU, M.; CHENG, G.; LI, Y. TGF- β and BMP signaling in osteoblast, skeletal development, and bone formation, homeostasis and disease. **Bone Research**, v. 4, n. 16009, 2016.

XU, B.; XU, T.; DING, W.; HUANG, S. Diagnosis of leg diseases in broiler chickens: A retrospective review. **Journal of Integrative Agriculture**, 2024.

XU, T.; YUE, K.; ZHANG, C.; TONG, X.; LIN, L.; CAO, Q.; HUANG, S. Probiotics Treatment of Leg Diseases in Broiler Chickens: a Review. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 14, p. 415-425, 2022.

YAN, B.; ZHANG, Z.; JIN, D.; CAI, C.; JIA, C.; LIU, W.; WANG, T.; LI, S.; ZHANG, H.; HUANG, B.; LAI, P.; WANG, H.; LIU, A.; ZENG, C.; CAI, D.; JIANG, Y.; BAI, X. mTORC1 regulates PTHrP to coordinate chondrocyte growth, proliferation and differentiation. **Nature Communications**, v. 7, n. 11151, 2016.

ZAKARIA, H. A.; JALAL, M.; AL-TITI, H. H.; SOUAD, A. Effect of Sources and Levels of Dietary Zinc on the Performance, Carcass Traits and Blood Parameters of Broilers. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 19, n. 3, p. 519-526, 2017.

ZIKIC, D.; DJUKIC-STOJCIC, M.; BJEDOV, S.; PERIC, L.; STOJANOVIC, S.; USCERBRKA, G. Effect of Litter on Development and Severity of Foot-Pad Dermatitis and Behavior of Broiler Chickens. **Revista Brasileira Ciência Avícola**, v. 19, n. 2, 2017.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o envolvimento de práticas de manejo no incubatório e no período pós-eclosão que resultam em instabilidade da locomoção e associá-las a patogênese da BCO em frangos de corte.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar dos frangos de corte
- Determinar a densidade radiográfica óssea, cinzas e resistência ósseas dos frangos de corte
- Realizar as medidas de comprimento, espessura e pesagens da tíbia e fêmur dos frangos de corte
- Executar o estudo histológico e morfométrico das regiões de epífise e metáfise da tíbia e fêmur
- Avaliar a gravidade de lesão nas regiões de epífise e metáfise da tíbia e fêmur
- Avaliar o *Gait Score* dos frangos de corte
- Realizar o rendimento de carcaça e dos cortes comerciais

CAPÍTULO 1 – EFEITOS DE FATORES BIOMECÂNICOS SOBRE O DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE FRANGO DE CORTE

Resumo:

Os frangos de corte comerciais são suscetíveis ao surgimento de patologias no sistema locomotor, fortemente influenciados por seu ritmo acelerado de ganho de peso. Diante disso, se faz necessário elucidar as possíveis influências dos manejos utilizados no sistema de criação comercial e o processo de incubação na patogênese da BCO em frangos de corte, por meio da avaliação do desempenho produtivo, desenvolvimento ósseo e rendimento de carcaças nos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade. O experimento foi realizado no Aviário Experimental da Universidade Federal do Paraná. Foram utilizados 1032 pintinhos de corte, distribuídos em esquema fatorial 2 x 2 x 2 sendo: dois tipos de eclosão (incubatório e aviário), dois tipos de cama (maravalha e maravalha com sobreposição de telas) e dois modelos de bebedouro na primeira semana de vida (*nipple* e infantil), totalizando oito tratamentos e três repetições. Foi avaliado o desempenho produtivo, e o rendimento de carcaça de cortes comerciais. Aos 7, 21 e 42 dias de idade foram analisadas as concentrações séricas de cálcio total, fósforo e cálcio iônico. Nesse mesmo período os ossos (fêmur e tíbia) foram pesados e medidos, sendo realizada a densitometria radiográfica, resistência óssea e cinzas ósseas, além das análises histopatológicas, morfométricas e avaliação do *Gait Score*. Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de significância. Houve maior consumo de ração e pior conversão alimentar para as aves mantidas em camas com telas e não houve efeito significativo sobre o peso vivo e ganho de peso, aos 7 dias de idade. Aos 42 dias, a presença da cama de tela gerou maior consumo de ração e pior peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar. Houve menor mineralização óssea em aves mantidas sobre a cama de tela que obtiveram menores valores para densidade aos 42 dias e resistência aos 21 e 42 dias de idade. A instabilidade gerada pela cama de tela promoveu piora nos resultados de medidas e morfometria óssea de tíbia e fêmur, nos 7, 21 e 42 dias de idade. Houve maior concentração de cálcio sérico quando a eclosão ocorreu no aviário, aos 7 dias. Aos 21 dias, houve maior concentração de cálcio e fósforo séricos em frangos mantidos sobre a cama de tela. Houve maior *score* de gravidade de lesões nas epífises de fêmur e de tíbia, quando a eclosão ocorreu no aviário aos 7 dias de idade. Aves mantidas sobre tela de arame apresentaram *score* de maior severidade na locomoção em comparação com aves mantidas sobre cama de maravalha. Observou-se menor peso de carcaça, peito, coxas e asas para os frangos que foram mantidos sobre tela de arame em relação às aves mantidas sobre a cama de maravalha. A presença dos fatores de instabilidade prejudicou o desempenho produtivo, o desenvolvimento ósseo e rendimento de carcaças. Evidenciou-se que os fatores de instabilidade influenciam na patogênese de desordens locomotoras em frangos de corte.

Palavras-chave: claudicação; manejo; problemas locomotores; qualidade óssea; transporte.

Abstract:

Commercial broilers are susceptible to the emergence of pathologies in the locomotor system, strongly influenced by their accelerated rate of weight gain. Therefore, it is necessary to elucidate the possible influences of the management used in the commercial breeding system and the incubation process on the pathogenesis of BCO in broilers, by evaluating the productive performance, bone development and carcass yield in broilers subjected to different instability factors. The experiment was carried out at the Experimental Aviary of the Federal University of Paraná. A total of 1032 broiler chicks were distributed in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, with two types of hatching (incubator and aviary), two types of litter (wood shavings and wood shavings with overlapping screens) and two models of drinkers in the first week of life (nipple and infant), totaling eight treatments and three replicates. The productive performance and carcass yield of commercial cuts were evaluated. At 7, 21 and 42 days of age, serum concentrations of total calcium, phosphorus and ionic calcium were analyzed. During this same period, the bones (femur and tibia) were weighed and measured, and radiographic densitometry, bone strength and bone ash were performed, in addition to histopathological and morphometric analyses and Gait Score evaluation. The data were subjected to analysis of variance at a 5% significance level. There was greater feed intake and worse feed conversion for birds kept on screened litter and there was no significant effect on live weight and weight gain at 7 days of age. At 42 days, the presence of screened litter generated greater feed intake and worse live weight, weight gain and feed conversion. There was lower bone mineralization in birds kept on screened litter, which obtained lower values for density at 42 days and resistance at 21 and 42 days of age. The instability generated by the wire mesh bed led to a worsening of the results of measurements and bone morphometry of the tibia and femur at 7, 21 and 42 days of age. There was a higher concentration of serum calcium when hatching occurred in the aviary at 7 days. At 21 days, there was a higher concentration of serum calcium and phosphorus in chickens kept on the wire mesh bed. There was a higher severity score of lesions in the epiphyses of the femur and tibia when hatching occurred in the aviary at 7 days of age. Birds kept on wire mesh had a higher severity score in locomotion compared to birds kept on wood shavings bed. Lower carcass, breast, thigh and wing weights were observed for chickens kept on wire mesh compared to birds kept on wood shavings bed. The presence of instability factors impaired productive performance, bone development and carcass yield. It was shown that instability factors influence the pathogenesis of locomotor disorders in broiler chickens.

Key-words: lameness; management; locomotor problems; bone quality; transport.

INTRODUÇÃO

A evolução na seleção genética das aves a partir da década de 1950, tem sido voltada para o ganho de peso, deposição muscular em cortes comerciais e melhora na conversão alimentar (GUZ, 2022).

A formação do tecido ósseo também denominada ossificação, é um processo fisiológico executado pelos condrócitos e células progenitoras do osso. A ossificação endocondral ocorre nas extremidades dos ossos longos, através da mineralização de

uma cartilagem pré-existente formada nas placas de crescimento. O tecido cartilaginoso calcifica-se no decorrer da idade e promovendo o crescimento longitudinal do osso (BLACK, GARCIA e ELLESTAD, 2023).

A ossificação endocondral se dá por meio de um processo coordenado de proliferação, diferenciação e maturação de condrócitos dentro da placa de crescimento (MACKIE et al., 2008). O processo começa com a junção de células mesenquimais durante o estágio embrionário; Posteriormente, essas células se diferenciam em condrócitos e passam a secretar colágeno tipo II na matriz cartilaginosa. Após a fase inicial de proliferação, os condrócitos começam a se diferenciar e a crescer, contribuindo significativamente para o crescimento do osso. Os condrócitos hipertróficos produzem colágeno e secretam substâncias essenciais para o crescimento endotelial vascular. A vascularização promove a absorção de matriz cartilaginosa, promovendo a formação de osso esponjoso que em seguida serão mineralizados (LONG e ORNITZ, 2013; KINI e NANDEESH, 2012; YAN et al., 2016).

A claudicação é um problema na avicultura de corte em nível mundial, estudos no Brasil e em outros países indicam que as anomalias ósseas causam prejuízos milionários à indústria avícola (CAVANI et al., 2021; HUANG et al., 2023). Além disso, deve-se considerar a claudicação como um processo doloroso para a ave, gerando um grande comprometimento da sua mobilidade e conseqüentemente, afetando seu consumo de água e ração, afetando alguns dos pilares essenciais para seu bem-estar (WIDEMAN, 2016; FODOR et al., 2023). Além de comprometimento da conversão alimentar esses animais têm aumento dos indicadores de mortalidade e condenação (GOCSIK et al., 2017).

Os frangos passam grande parte da sua vida em contato com a cama, estudos comprovam que as lesões do aparelho locomotor das aves estão diretamente correlacionadas com as condições de manejo da cama e as condições ambientais do galpão de criação (JACOB et al., 2016). Condições ruins de manejo de cama, resultam em excesso de umidade, desnível, presença de torrões e excesso de amônia nos primeiros dias (JONG et al., 2014; GRANQUIST et al., 2019).

Diante dos problemas ósseos ocasionados rotineiramente no sistema convencional de produção, busca-se alternativas que visam diminuir os danos causados por problemas locomotores em frangos de corte. Para isso, se faz necessário elucidar as possíveis influências dos manejos utilizados no sistema de

criação comercial para o surgimento de doenças ósseas em frangos de corte. Portanto o objetivo desse trabalho é avaliar o efeito do local de eclosão, instabilidade de cama e escolha do tipo de bebedouro nos primeiros sete dias de vida no desenvolvimento na qualidade do tecido esquelético e seus efeitos nos parâmetros zootécnicos de frangos de cortes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Aviário Experimental da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, com o protocolo Ceua nº 16/2023. Para o ensaio utilizou-se 1220 ovos férteis provenientes de um lote de matriz Cobb Male, com 35 semanas de idade. Aos 18 dias de incubação, 610 ovos foram transferidos aos nascedouros e foram submetidos aos procedimentos padrão de manejo do incubatórios e no período pós-eclosão. Dos pintinhos eclodidos, foram selecionadas 516 aves e transportadas até o aviário experimental, utilizando caminhão padrão, percorrendo distância aproximada de 100 quilômetros, em duas horas de transporte em estradas majoritariamente pavimentadas e com trechos de estradas cascalhadas. Nessa mesma idade embrionária, 610 ovos foram transferidos ao aviário experimental e mantidos sobre cama nova aquecida a 38 °C e com espessura de 30 centímetros (Figura 1), dos quais foram selecionados 516 pintinhos. Foram alojados 1032 pintinhos, distribuídos em um delineamento completamente casualizado em esquema fatorial 2 x 2 x 2, sendo: 2 tipos de eclosão (incubatório e aviário), 2 tipos de cama (maravalha e maravalha com sobreposição de telas) e 2 modelos de bebedouro na primeira semana de vida (*nipple* e infantil) totalizando oito tratamentos com três repetições cada (43 aves/ box). Os tratamentos utilizados estão detalhados abaixo:

- T1: eclosão no incubatório + cama de maravalha + bebedouro *nipple*
- T2: eclosão no incubatório + cama de maravalha + bebedouro infantil (primeira semana)
- T3: eclosão no incubatório + cama de maravalha com sobreposição de tela + bebedouro *nipple*
- T4: eclosão no incubatório cama de maravalha com sobreposição de tela+ bebedouro infantil (primeira semana)
- T5: eclosão no aviário experimental + cama de maravalha + bebedouro *nipple*

- T6: eclosão no aviário experimental + cama de maravalha + bebedouro infantil (primeira semana)
- T7: eclosão no aviário experimental + cama de maravalha com sobreposição de tela+ bebedouro *nipple*
- T8: no aviário experimental + cama de maravalha com sobreposição de tela+ bebedouro infantil (primeira semana)

Figura 1 - Local de eclosão dos ovos na fazenda experimental.



Fonte: O autor (2024).

Os boxes foram revestidos com maravalha nova (15 cm de espessura) e nos tratamentos com tela de arame, foram elaboradas estruturas de madeira com tela

(arame soldado galvanizado malha de 15 x 15 mm com fio de 1,24 mm de espessura) que foram sobrepostas à cama de maravalha (Figura 2).

Figura 2 - Em A - Box revestido com tela como modelo de indução da claudicação e supressão da utilização do *nipple* (destaque em vermelho). Em B – Box revestido com tela com pintinhos com idade de 8 dias.



Fonte: O autor (2024).

As aves foram alojadas em galpão climatizado, contendo exaustores, aquecimento por meio de campânulas elétricas e placas de resfriamento controlados por um sistema automatizado (Figura 3). Os boxes experimentais tinham a dimensão de 2,0 m x 1,80 m, totalizando 3,60 m² de área disponível, totalizando 12 aves por metro quadrado.

Figura 3 - Box experimentais utilizados para o ensaio dentro de galpão climatizado.



Fonte: O autor (2024).

O programa de luz utilizado proporcionou 24 horas de luz até os 7 dias de idade. Após este período receberam 16 horas de luz e 8 horas de escuro diariamente até 21 dias de idade e posteriormente 14 horas de luz e 10 horas de escuro até o final do experimento.

O programa nutricional foi dividido em cinco fases: fase pré-inicial do 1° ao 8° dia, inicial 1 do 9° ao 19° dia, inicial 2 do 20° ao 26° dia, crescimento do 27° ao 33° dia e abate 34° ao 42° dia, de acordo com o programa de alimentação da fornecedora. As dietas foram vegetais, peletizadas e isonutritivas. As aves receberam água e alimento *ad libitum* durante todo o período experimental de 42 dias.

O programa vacinal foi realizado no incubatório e para as aves eclodidas no aviário experimental realizou-se o mesmo programa vacinal, conforme padrões da empresa fornecedora dos pintinhos.

Desempenho produtivo

Para a obtenção do peso médio vivo, as aves foram pesadas semanalmente. O consumo de ração por ave correspondeu a quantidade de ração fornecida no período experimental descontada a sobra de ração no final da fase, dividida pelo número de aves alojadas no *box* no início da fase. A conversão alimentar foi calculada pela divisão da quantidade de ração ingerida por unidade experimental, dividido pelo ganho de peso da respectiva unidade experimental. O ganho de peso foi calculado levando em conta o peso vivo das aves e das aves que morreram na fase compreendida e o peso vivo médio da semana anterior, de acordo com a metodologia de Sakomura e Rostagno (2016).

Rendimento de carcaça e de cortes comerciais

O rendimento de carcaça e de cortes comerciais foi determinado aos 43 dias de idade das aves. Após jejum alimentar de seis horas, os frangos foram insensibilizados por eletrochoque e abatidos por sangria mediante corte da veia jugular, sendo posteriormente escaldados, depenados e eviscerados. Foram abatidas 5 aves/unidade experimental (15 aves por tratamento), totalizando 120 aves, para o cálculo de rendimento de carcaça, peito, coxas, asas e gordura abdominal. Para o cálculo de rendimento de carcaça, foi considerado o peso da carcaça eviscerada quente, sem os pés, cabeça e gordura abdominal, em relação ao peso vivo que foi obtido individualmente antes do abate das aves. Para o rendimento dos cortes nobres, foi considerado o rendimento do peito inteiro com pele e ossos, das pernas (coxa e sobrecoxa com ossos e pele), dorso e asas com pele que foi calculado em relação ao peso da carcaça eviscerada. A gordura abdominal presente ao redor da cloaca, da bolsa cloacal, moela, proventrículo e dos músculos abdominais adjacentes foi retirada conforme descrito por Smith (1993), em seguida, foi pesada e também calculada em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Concentrações séricas de cálcio, fósforo e cálcio iônico

Para análise das concentrações séricas de cálcio, fósforo e cálcio iônico, o sangue foi colhido de 4 aves/*box* (12 aves/tratamento) aos 7, 21 e 42 dias de idade por punção venosa, sendo então submetido à centrifugação a (4500 rpm por 15 minutos) para obtenção do soro. Em seguida, todas as amostras foram congeladas em freezer -18 °C para posterior análises. Os *kits* foram adquiridos do Laboratório

Labtest com as leituras dos parâmetros avaliados sendo feitas em um analisador bioquímico automático modelo BS-120, da Mindray.

Desenvolvimento ósseo

Aos 7, 21 e 42 dias de idade, 4 aves/ box (12 aves/tratamento) foram sacrificadas e retiradas as pernas para as avaliações de desenvolvimento ósseo. As pernas esquerdas foram pesadas e medidas, em seguida, foram submetidas às análises de densitometria radiográfica, resistência óssea e cinzas ósseas. Das pernas direitas retiraram-se as epífises proximais de tibia e fêmur para análises histopatológicas e morfométricas.

Para as medidas ósseas realizou-se a pesagem dos ossos em balança analítica e procedeu-se a medida do diâmetro da região da diáfise de cada osso e o comprimento com auxílio de paquímetro digital. O índice de Seedor (SEEDOR et al., 1991) foi obtido pela divisão do peso dos ossos (mg) pelo comprimento (mm).

Posteriormente, a mesma tibia esquerda foi submetida ao ensaio de densitometria radiográfica óssea. Inicialmente, os ossos foram colocados sob o filme fotográfico, todos na posição antero-posterior, e então radiografadas utilizando-se aparelho de 65 raio-X, marca CDK®, modelo Diafix 500mA/125KV – Coluna Móvel, na altura de 1,5 m, calibrado, foco de 48KV e 100mA, e tempo de exposição de 0,6 segundos. Esses valores de tensão, corrente e tempo de exposição, foram considerados ideais após análises prévias. As radiografias foram processadas em reveladora automática. A leitura das radiografias, para determinação da densidade das peças ósseas, foi realizada utilizando-se a ferramenta histograma do software Adobe Photoshop 8.0. Como referencial radiográfico, nas tomadas radiográficas, utilizou-se um penetrômetro de alumínio de 8 (oito) degraus com espessura de: 0,90 mm; 1,98 mm; 2,96mm; 4,08 mm; 5,04 mm; 5,95 mm; 7,07 mm e 8,05 mm, entre o primeiro e o último degrau e respectivamente. As leituras densitométricas foram realizadas em cinco pontos, na região central da imagem radiográfica e em cada degrau do penetrômetro de alumínio. Os dados obtidos em valores de cinza foram convertidos em valores relativos à espessura do penetrômetro de alumínio (mmAL), indicando a densidade mineral óssea. Sendo que maior o valor obtido, maior a radiopacidade e a densidade.

Após a determinação da densitometria radiográfica óssea, a tibia e fêmur esquerdos das aves foram submetidos ao ensaio de flexão à taxa de deformação

constante para material visco-elástico, com equipamento de ensaio universal da Marca EMIC, modelo DL 10000, com célula de carga de 100 kgf (100), velocidade do cabeçote de 1mm/segundo e distância de apoio de eixo a eixo de 1,1 cm para 7 dias, 2,1 cm para 21 dias e 4,1 cm para 42 dias, para determinação da resistência óssea à quebra.

Com os ossos fragmentados, foi medida a espessura do osso cortical na porção medial da diáfise da tíbia em 3 pontos equidistantes, para obtenção do valor médio de espessura do osso cortical.

Os fragmentos do tibiotarso e fêmur resultantes do teste de resistência óssea a quebra foram submetidos à extração de gordura por tratamento sucessivo em éter de petróleo por 8 horas, secos em estufa por 12 horas, pesados e calcinados em forno mufla a 600°C por 12 h para determinação de cinzas ósseas.

Das pernas direitas, retirou-se as epífises proximais do fêmur e tíbia, as quais foram fixadas em solução de formol tamponado e em seguida descalcificadas com ácido fórmico e citrato de sódio. As peças foram inclusas em parafina e levadas ao micrótomo rotativo para a realização de cortes com 5 μm de espessura. As lâminas foram coradas com hematoxilina-eosina para observação do desenvolvimento das zonas do disco epifisário. As lâminas foram escaneadas, usando-se um “*scanner* HP ScanJet II v.2.5.”, sendo o *software* utilizado para o tratamento das imagens, o “Paint Shop Pro v.5.0”. A imagem foi digitalizada, brilho (variável entre 125 e 145), contraste 185 e escala de 800%. As imagens foram gravadas com extensão *.jpg e levadas ao analisador de imagens. Para a leitura das imagens foi utilizado um analisador de imagem computadorizado IMAGE PROPLUS 4.1 da Mídia Cibertecnics. Para a análise das lâminas da cartilagem epifisária, foram consideradas três regiões distintas, caracterizadas pela aparência morfológica: 1. área do disco epifisário (placa de crescimento), 2. área de cartilagem hipertrófica, 3. área de calcificação e 4. área total da epífise, segundo Thorp et al. (1993). A relação área de calcificação:área de cartilagem hipertrófica foi calculada pela divisão dos valores ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$) encontrados.

Aos 35 dias de idade foi realizada a avaliação de *gait score* de 10 aves/box (30 aves/tratamento) que consiste na classificação do *score* de marcha das aves. O teste foi realizado em piso plano coberto por cama de origem dos boxes onde as aves estavam alojadas. As aves eram submetidas a marcha forçada por 2 metros e três avaliadores executaram a avaliação da marcha. Foi utilizada uma escala de três pontos para a classificação do *gait score* das aves, *score* 0 (GS 0) para aves saudáveis,

que não apresentaram nenhuma anormalidade ao caminhar; *score* 1 (GS 1) para aves que apresentaram problemas de locomoção claramente aparentes, porém, capazes de se locomover; *score* 2 (GS 2) para aves que apresentaram graves problemas motores, se locomovendo somente quando altamente estimuladas.

Análise estatística

Os resultados foram analisados utilizando-se análise de variância (ANOVA) do procedimento General Linear Model (GLM) com auxílio do programa estatístico SAS (2002, SAS Institute Inc., Cary, NC) e quando significativas, as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As médias foram comparadas por análises de contraste em relação ao controle positivo e negativo. Para os dados que não se comportarem na distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk foram transformados de acordo com o perfil da variável e/ou realizado análises não paramétricas.

Realizou-se análise discriminante canônica (ADC) para verificar a relação entre as variáveis conforme os tratamentos. O modelo geral do ADC é descrito na equação:

$$Z_n = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$$

onde: Z_n é a variável dependente (meses), α é o intercepto, X_1 são as variáveis explicativas e β_1 são os coeficientes discriminantes para cada variável explicativa.

A ADC foi realizada pelo método simultâneo, onde considera-se que todas as variáveis são importantes no modelo estatístico. A significância das variáveis foi determinada pela estatística Lambda de Wilk ($P < 0,05$). A importância relativa das variáveis dentro das funções discriminatórias canônicas foi dada pelo valor dos coeficientes canônicos padronizados das funções discriminantes. As duas primeiras funções foram plotadas em um gráfico bidimensional para avaliar a classificação dos animais de acordo com seu grupo de origem somente quando foi significativo. O p – valor e % de variância foram utilizados como sumário da análise discriminante canônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao desempenho produtivo dos frangos de corte aos 7 dias ($p < 0,05$), foi possível observar diferença significativa para o tipo de cama sobre o consumo de ração e conversão alimentar (Tabela 1). Aves mantidas em camas com

tela apresentaram maior consumo de ração e pior conversão alimentar. Não houve efeito significativo sobre o peso vivo e ganho de peso. Para os tratamentos, modelo de bebedouro e local de eclosão dos ovos, não houve diferença estatística aos 7 dias de idade das aves para nenhum dos parâmetros avaliados (Tabela 1).

O aumento no consumo de ração pelas aves mantidas em camas de tela pode ser atribuído à dificuldade das aves de se locomover até os 7 dias na presença da tela, gerando grande desperdício de ração, ocasionando também a piora no índice de conversão alimentar.

Aos 42 dias de idade, observou-se efeito significativo ($p < 0,05$) para o tipo de cama para todos os parâmetros avaliados. O modelo de bebedouro utilizado durante a primeira semana de vida das aves e o local de eclosão não afetaram os parâmetros estudados (Tabela 2). Houve redução do peso vivo dos frangos de corte que foram desafiados com a instabilidade no andar provocada pela colocação de tela de arame nos boxes, corroborando com os resultados encontrados por Gilley et al. (2014) que também encontraram menores valores de peso corporal para aves desafiadas com tela de arame. Observa-se ainda pior ($p < 0,05$) conversão alimentar quando utilizada a tela em comparação a cama de maravalha, resultado semelhante encontrado por Zheng et al. (2023). Estes autores observaram que as aves que possuíam problemas locomotores, apresentaram menor peso corporal aos 42 dias e dos 28 aos 42 dias, e pior conversão alimentar, quando comparado as aves controle. O aumento de peso das aves, propiciou ao surgimento de problemas locomotores devido a deposição muscular precoce, e ao não acompanhamento do desenvolvimento ósseo, culminando em comprometimento da locomoção e aumento da incidência de anomalias ósseas (FODOR et al., 2023).

A ocorrência de distúrbios no aparelho locomotor das aves, gera grande desconforto, afetando diretamente o consumo de ração, peso corporal e conversão alimentar. Huang et al. (2019) e Zheng et al. (2023) concluíram que as anomalias das pernas e a claudicação reduzem gravemente a produtividade, o desempenho zootécnico e o índice de bem-estar animal. De acordo com os resultados encontrados e com a literatura citada, pode-se afirmar que a utilização da tela resultou em maior consumo de ração e menor ganho de peso resultando em menor peso vivo e pior conversão alimentar dos frangos de corte.

A utilização de pisos de tela, têm se mostrado um método eficaz para induzir a claudicação através da instabilidade persistente de cama, em virtude do estresse

mecânico ocasionado e da tensão de cisalhamento causado nas articulações das pernas (Wideman e Prisby, 2013; Wideman, 2016; Asnayanti et al., 2024).

Tabela 1 - Desempenho produtivo aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Peso vivo, g	Consumo de ração, g	Ganho de peso, g	Conversão alimentar
Eclosão				
Incubatório	215,53	205,76	159,98	1,291
Aviário	217,11	205,21	162,58	1,265
Cama				
Tela	213,85	215,22 ^b	157,28	1,370 ^b
Maravalha	218,79	195,75 ^a	165,28	1,186 ^a
Bebedouro				
Infantil	218,51	207,99	162,55	1,285
Nipple	214,13	202,98	160,01	1,272
CV%	4,81	4,10	6,26	3,43
Eclosão	0,7065	0,872	0,5173	0,1843
Cama	0,2447	<,0001	0,0559	<,0001
Bebedouro	0,2958	0,3659	0,5558	0,7741
Eclosão x cama	0,9973	0,3471	0,8364	0,2068
Eclosão x bebedouro	0,3889	0,5882	0,4820	0,8894
Cama x bebedouro	0,3017	0,6323	0,2874	0,2349

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

Tabela 2 - Desempenho produtivo de 1-42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Peso vivo, g	Consumo de ração, g	Ganho de peso, g	Conversão alimentar
Eclosão				
Incubatório	2863,73	4542,10	2808,94	1,620
Aviário	2850,48	4499,35	2796,07	1,615
Cama				
Tela	2619,90 ^b	4269,07 ^a	2564,69 ^b	1,665 ^b
Maravalha	3094,31 ^a	4772,38 ^b	3040,32 ^a	1,570 ^a
Bebedouro				
Infantil	2837,13	4496,90	2782,20	1,620
Nipple	2877,08	4544,56	2822,81	1,610
CV%	2,96	3,20	3,01	2,13
Eclosão	0,7146	0,4617	0,7220	0,6738
Cama	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Bebedouro	0,7250	0,7086	0,7211	0,7352
Eclosão x cama	0,2423	0,7448	0,2359	0,1822
Eclosão x bebedouro	0,8917	0,9490	0,8981	0,6965
Cama x bebedouro	0,0512	0,1491	0,0511	0,3997

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

A avaliação da mineralização óssea por meio das análises de densitometria radiográfica (Tabela 3), resistência óssea à quebra (Tabela 4) e deposição de cinzas ósseas (Tabela 5) foi realizada aos 7, 21 e 42 dias. Para a densitometria radiográfica, observou-se aos 42 dias efeito significativo da estabilidade de cama. Aves mantidas sobre as telas de arame apresentaram menor ($p < 0,05$) mineralização óssea que aves mantidas em cama de maravalha. Para a avaliação de resistência óssea foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre o modelo de bebedouro utilizado aos 7 dias e para o tipo de cama aos 21 e 42 dias (Tabela 4). O fornecimento de água em bebedouros infantis na primeira semana de vida das aves, resultou em maior valor ($p < 0,05$) de resistência óssea à quebra em comparação às aves que foram alojadas em boxes equipados com bebedouro do tipo *Nipple*.

A avaliação do teor de cinzas ósseas não revelou efeito significativo para nenhum fator avaliado em nenhuma das idades. A avaliação do teor de cinzas ósseas é uma medida importante que revela quão mineralizado é o osso do frango. Esta medida demonstra, em casos de distúrbios principalmente, por deficiências nutricionais, que há a diminuição da quantidade de cinzas em relação a animais saudáveis, e ainda, a quantidade de cinza presente no osso é proporcional ao seu grau de resistência óssea (SHIM et al., 2012).

A utilização de bebedouro do tipo *nipple* é fundamental na avicultura, entretanto, a alteração proporcionada pela biomecânica (HUANG et al., 2019) e a postura da ave (FODOR et al., 2023) durante o movimento de ingestão de água, parecem proporcionar afeta negativamente a qualidade óssea. Isto pode ser observado nos resultados obtidos, onde os frangos de corte que até os 7 dias tiveram a ingestão de água através do uso do bebedouro tipo *nipple* apresentaram menor resistência óssea em relação ao uso do bebedouro infantil.

A instabilidade no andar das aves provocada pela colocação de telas de arame nos boxes afetou diretamente a resistência dos ossos aos 21 e 42 dias (Tabela 4). A mineralização óssea afeta diretamente a resistência óssea, que é um marcador importante da capacidade do esqueleto em suportar a gravidade de cargas adicionais. Algumas estratégias de manejo visando melhores condições ósseas tem sido adotadas visando melhor desempenho ósseo das aves, como: diminuição do adensamento das aves, bom nivelamento e condição da cama para as aves, principalmente ao alojamento, considerando que a instabilidade de cama é um fator amplamente associado a problemas locomotores nas aves, e o ajuste correto de

comedouros e linhas de *nipple*, objetivando melhor postura das aves e proporcionando menor estresse mecânico nas pernas das aves, são importantes fatores que visam diminuir os problemas locomotores (KNOWLES et al. 2008; CHARUTTA et al., 2013; WIDEMAN, 2016; XU et al., 2024).

A resistência é determinada não somente pela quantidade de tecido ósseo presente, mas também pela organização microarquitetônica e grau de mineralização da matriz óssea. Shim et al. (2012) observaram maior densidade de tíbia, teor de cinzas e resistência óssea em frangos de crescimento lento, quando comparado a linhagens de crescimento rápido, concluindo também que a fragilidade dos ossos está relacionada ao crescimento rápido das aves e a porosidade sendo de menor qualidade. A instabilidade locomotora das aves juntamente com altas densidades e desmineralização subclínicas, tem demonstrado efeito na resistência e na qualidade óssea. Isto pode justificar os resultados encontrados no presente trabalho, onde as aves mantidas em boxes com tela de arame aos 21 e 42 dias, apresentaram alterações locomotoras e diminuição da resistência óssea em relação as aves que estavam em cama maravalha, devido ao fator estressor contínuo.

Tabela 3 – Densidade óssea de tíbia aos 7, 21 e 42 dias de idade de frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Densidade, mm/AL		
	7 dias	21 dias	42 dias
Eclosão			
Incubatório	1,67	2,62	3,31
Aviário	1,62	2,58	3,22
Cama			
Tela	1,63	2,56	3,21 ^b
Maravalha	1,66	2,63	3,32 ^a
Bebedouro			
Infantil	1,68	2,59	3,24
Nipple	1,61	2,61	3,29
CV%	13,59	9,66	8,43
Eclosão	0,2911	0,4553	0,1053
Cama	0,5115	0,1697	0,0588
Bebedouro	0,0923	0,6505	0,3591
Eclosão x cama	0,4174	0,5328	0,7312
Eclosão x bebedouro	0,7610	0,7436	0,5615
Cama x bebedouro	0,5381	0,7684	0,6852

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Tabela 4 - Resistência óssea de tíbia aos 7, 21, 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Resistência, kgf/cm ²		
	7 dias	21 dias	42 dias
Eclosão			
Incubatório	6,10	35,42	50,05
Aviário	6,06	35,10	45,53
Cama			
Tela	6,11	33,12 ^b	46,11 ^b
Maravalha	6,05	37,44 ^a	49,39 ^a
Bebedouro			
Infantil	6,43 ^a	34,91	47,09
<i>Nipple</i>	5,73 ^b	35,60	48,43
CV%	22,66	20,82	19,21
Eclosão	0,9038	0,6192	0,0937
Cama	0,8185	0,0132	0,0171
Bebedouro	0,0146	0,9351	0,2112
Eclosão x cama	0,8018	0,2399	0,0672
Eclosão x bebedouro	0,9794	0,1195	0,9724
Cama x bebedouro	0,7818	0,3056	0,8031

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

Tabela 5 - Cinzas da tíbia aos 7, 21 e 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Cinzas, %		
	7 dias	21 dias	42 dias
Eclosão			
Incubatório	50,46	38,56	38,20
Aviário	51,63	37,29	38,60
Cama			
Tela	50,43	38,10	38,34
Maravalha	51,66	37,75	38,46
Bebedouro			
Infantil	51,86	37,28	38,63
<i>Nipple</i>	50,24	38,58	38,17
CV%	6,71	8,84	2,65
Eclosão	0,4965	0,6214	0,6218
Cama	0,9288	0,3589	0,8330
Bebedouro	0,6601	0,6195	0,7783
Eclosão x cama	0,8635	0,6551	0,0614
Eclosão x bebedouro	0,7339	0,9709	0,4294
Cama x bebedouro	0,6769	0,3384	0,2430

O crescimento dos ossos longos ocorre através do alongamento das placas de crescimento nas extremidades ósseas e um aumento proporcional de diâmetro, atribuído a remodelação altamente dinâmica do osso cortical (Wideman e Prisby, 2013). Os fêmures e as tíbias podem aumentar aproximadamente quatro vezes seu comprimento, e o diâmetro da diáfise pode aumentar de três a cinco vezes nas primeiras seis semanas após a eclosão (WIDEMAN, 2016).

Nas avaliações de medidas ósseas de tíbia, não foi evidenciado efeito significativo para nenhum fator avaliado aos 7 dias idade (Tabela 6). No entanto, aos 21 dias de idade das aves, observou-se efeito significativo da colocação de telas de arame nos boxes em comparação ao uso de maravalha para o comprimento da tíbia. Aves mantidas em camas de maravalha apresentando ossos mais longos ($p < 0,05$). Nessa mesma idade, observou-se interação significativa para peso da tíbia ($p < 0,05$) e índice de Seedor ($p < 0,05$) entre o tipo de cama e o local de eclosão (Tabela 7). No desdobramento da interação (Tabela 8) foi observado que aves eclodidas no incubatório e mantidas sobre camas de maravalha apresentaram maior peso da tíbia e índice de Seedor que aves mantidas sobre telas de arame.

Aos 42 dias de idade, observou-se menor ($p < 0,05$) comprimento, peso e índice de Seedor das tíbias das aves mantidas sobre telas de arame em comparação às aves mantidas em camas de maravalha (Tabela 9).

Na avaliação das medidas ósseas do fêmur, observou-se diferença estatística aos 7 dias do modelo de bebedouro sobre a medida do diâmetro da cortical do fêmur e o índice de Seedor (Tabela 10). Aves que receberam água por meio dos bebedouros infantis na primeira semana, apresentaram maiores diâmetros e maiores índices de Seedor em comparação as aves que consumiram água em bebedouro do tipo *Nipple*.

Ainda em relação as medidas ósseas de fêmur, aos 21 dias de idade, observou-se comportamento semelhante para a avaliação da tíbia. Aves mantidas em piso coberto por tela de arame apresentaram ossos mais longos, peso e índice de Seedor em relação as aves mantidas em cama de maravalha (Tabela 11). Aos 42 dias de idade, observou-se o mesmo efeito, além de maior ($p < 0,05$) diâmetro da cortical do fêmur em aves mantidas sobre a cama de maravalha nova (Tabela 12).

Segundo El-Safty et al. (2022) o índice de Seedor é um marcador que indica a densidade mineral da tíbia. De acordo com esta informação, pode-se justificar os resultados encontrados para as medidas de tíbia aos 21 e 42 dias, para o tipo de cama, em que os frangos mantidos sobre tela de arame apresentaram menores

medidas de comprimento e de peso, e conseqüentemente menores índices de Seedor. Ainda, o tratamento de tela apresentou menor diâmetro aos 42 dias, como possível consequência da pouca densidade mineral da tíbia, Yaping et al (2019) encontraram menores valor de diâmetro ósseo em aves com problemas locomotores associadas a doença valgo-varo, confirmando que esse parâmetro pode ser um indicador do comprometimento ósseo em frangos de corte.

Em relação as alterações das medidas ósseas de tíbia e fêmur, Evaris et al. (2021) avaliaram duas condições de crescimento das aves concluindo que as dimensões ósseas podem ser influenciadas pelo sistema de criação, enquanto Li et al. (2019) avaliaram a baixa e alta densidade de alojamento em sistemas convencionais de criação de aves de corte e concluíram que a lotação afeta negativamente o tamanho dos ossos. Em concordância, Pedersen et al. (2020) confirmaram que o aumento de atividade das aves está diretamente associado ao aumento nas dimensões musculares e ósseas. Dessa forma, justifica os resultados encontrados para o tipo de cama, em que a utilização da tela como estressor mecânico para os frangos demonstrou a piora no desenvolvimento das dimensões ósseas de tíbia e fêmur aos 21 e 42 dias. A claudicação induzida pelo tratamento, mimetizando uma condição de cama mal manejada, torna-se um processo doloroso e limitante para as aves, além disso, o comprometimento de sua estrutura óssea são fatores que comprometem a sua capacidade de locomoção, e conseqüentemente, piorando seus índices de bem-estar animal, conforme já observado anteriormente.

A cama de má qualidade, que não foi adequadamente manejada no intervalo entre lotes, pode levar à instabilidade na locomoção do pintainho pela presença de cascões e desnivelamentos e resultar em microfraturas e fendas em áreas de crescimento ósseo nas extremidades dos ossos longos como tíbia e fêmur.

O diâmetro ósseo é mensurado na parte cortical do osso, de acordo com Sanchez-Rodriguez et al. (2019) o osso cortical de aves até o décimo dia, é altamente poroso e sensível a diversos mecanismos estressores que podem comprometer seu desenvolvimento. Isto explica o resultado encontrado no presente trabalho, onde as aves que consumiram água por meio de bebedouros *Nipple*, apresentaram menor diâmetro de fêmur e menor índice de Seedor, comprovando a presença do fator estressor na biomecânica das aves envolvida no consumo de água e comprometendo o desenvolvimento ósseo. Importante destacar, que esse efeito foi observado apenas

no fêmur. A tíbia dessas aves não foi afetada, o que indica que pode haver mecanismos diferentes envolvidos em relação à biomecânica desses ossos.

Sanchez-Rodriguez et al. (2019) afirmaram que a zona esponjosa ativa no perióstio diminui com a idade à medida que os osteoblastos depositam novo tecido ósseo. A superfície periostal metabolicamente ativa das aves saudáveis aos 21 e 37 dias, apresenta deposição de novos tecidos ósseos, indicando que a matriz orgânica óssea presente nessas regiões não está mineralizada sendo um tecido ósseo primário recém-depositado. Assim, observou-se que a colocação de tela de arame nos boxes resultou em menor diâmetro de fêmur aos 42 dias, provavelmente devido ao estresse contínuo afetando o desenvolvimento ósseo e consequente o bem-estar animal na fase final de vida.

Tabela 6 – Medidas ósseas de tíbia aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Comprimento, mm	Espessura, mm	Diâmetro, mm	Peso, g	Índice de Seedor
Eclósão					
Incubatório	46,31	0,90	3,26	1,80	38,89
Aviário	45,68	0,85	3,26	1,82	39,22
Cama					
Tela	45,76	0,87	3,25	1,80	39,21
Maravalha	46,22	0,88	3,26	1,82	38,90
Bebedouro					
Infantil	46,07	0,88	3,29	1,84	39,73
Nipple	45,92	0,87	3,23	1,79	38,38
CV%	3,70	13,27	7,62	16,07	14,40
Eclósão	0,2677	0,0672	0,3399	0,4050	0,4056
Cama	0,1505	0,5976	0,6086	0,7088	0,7993
Bebedouro	0,7306	0,6967	0,3848	0,3864	0,2438
Eclósão x cama	0,9973	0,1649	0,7109	0,7480	0,9591
Eclósão x bebedouro	0,5230	0,8793	0,2601	0,4104	0,3474
Cama x bebedouro	0,5250	0,6113	0,9426	0,4999	0,2838

Tabela 7 – Medidas ósseas de tibia aos 21 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Comprimento, mm	Espessura, mm	Diâmetro, mm	Peso, g	Índice de Seedor
Eclosão					
Incubatório	78,07	1,76	7,80	10,37	132,37
Aviário	77,86	1,77	7,68	10,19	130,04
Cama					
Tela	76,59 ^b	1,75	7,64	9,72	125,97
Maravalha	79,36 ^a	1,78	7,85	10,85	136,57
Bebedouro					
Infantil	77,72	1,79	7,75	10,18	130,27
Nipple	78,20	1,75	7,73	10,37	132,15
CV%	4,95	13,84	8,63	15,33	14,09
Eclosão	0,9849	0,6847	0,2405	0,9452	0,8540
Cama	0,0014	0,3357	0,5009	0,0189	0,0455
Bebedouro	0,7816	0,5355	0,7168	0,8759	0,6609
Eclosão x cama	0,3577	0,7545	0,1220	0,0108	0,0514
Eclosão x bebedouro	0,9557	0,2712	0,3338	0,2535	0,3781
Cama x bebedouro	0,7685	0,2859	0,8654	0,2896	0,3241

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Tabela 8 – Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de cama para o peso de tibia e para o Índice de Seedor de tibia, aos 21 dias de idade, dos frangos de corte.

	Peso da tibia, g		Valor de P
	Cama		
	Maravalha	Tela	
Eclosão			
Incubatório	11,175 ^{aA}	9,564 ^{bA}	0,0018
Aviário	10,518 ^{aA}	9,868 ^{aA}	0,2853
Valor de P	0,1849	0,6119	
Índice de Seedor de tibia			
Eclosão			
Incubatório	139,94 ^{aA}	124,80 ^{bA}	0,0078
Aviário	133,06 ^{aA}	127,14 ^{aA}	0,3806
Valor de P	0,2247	0,7209	

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Tabela 9 – Medidas ósseas de tíbia aos 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Comprimento, mm	Espessura, mm	Diâmetro, mm	Peso, g	Índice de Seedor
Eclosão					
Incubatório	107,72	2,16	10,89	25,77	238,52
Aviário	108,19	2,21	11,04	24,51	225,92
Cama					
Tela	105,67 ^b	2,17	10,58 ^b	23,69 ^b	223,60 ^b
Maravalha	110,20 ^a	2,20	11,35 ^a	26,54 ^a	240,53 ^a
Bebedouro					
Infantil	108,38	2,15	11,02	24,89	229,08
Nipple	107,54	2,21	10,92	25,38	235,16
CV%	4,04	10,93	8,60	14,62	12,50
Eclosão	0,5988	0,2783	0,7125	0,1975	0,0967
Cama	<0,001	0,6219	0,0004	<0,001	0,0010
Bebedouro	0,4103	0,0686	0,3995	0,8202	0,5999
Eclosão x cama	0,1824	0,4387	0,6224	0,5796	0,8340
Eclosão x bebedouro	0,8269	0,9101	0,6476	0,8816	0,8022
Cama x bebedouro	0,7189	0,8540	0,8444	0,9034	0,9626

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

Tabela 10 – Medidas ósseas de fêmur aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Comprimento, mm	Diâmetro, mm	Peso, g	Índice de Seedor
Eclosão				
Incubatório	32,98	3,56	1,23	35,93
Aviário	32,80	3,54	1,16	36,81
Cama				
Tela	32,78	3,54	1,18	36,08
Maravalha	33,00	3,56	1,21	36,66
Bebedouro				
Infantil	32,95	3,61 ^a	1,22	36,95 ^a
Nipple	32,83	3,48 ^b	1,16	35,79 ^b
CV%	3,72	7,40	18,77	16,49
Eclosão	0,6569	0,9768	0,6569	0,9768
Cama	0,4693	0,0991	0,4693	0,0991
Bebedouro	0,5994	0,0502	0,1717	0,0218
Eclosão x cama	0,9964	0,5136	0,9964	0,5136
Eclosão x bebedouro	0,3919	0,8640	0,5512	0,7557
Cama x bebedouro	0,5549	0,5824	0,4113	0,1156

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,1).

Tabela 11 – Medidas ósseas de fêmur aos 21 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Comprimento, mm	Diâmetro, mm	Peso, g	Índice de Seedor
Eclosão				
Incubatório	55,86	6,82	7,03	125,40
Aviário	55,75	6,85	7,04	125,29
Cama				
Tela	54,54 ^b	6,73	6,60 ^b	120,03 ^b
Maravalha	57,10 ^a	6,94	7,47 ^a	130,77 ^a
Bebedouro				
Infantil	55,92	6,80	7,09	125,96
Nipple	55,70	6,87	6,98	124,74
CV%	3,02	7,31	15,36	13,90
Eclosão	0,5278	0,2286	0,5457	0,4492
Cama	0,0005	0,7047	0,0060	0,0250
Bebedouro	0,2168	0,7954	0,4040	0,6816
Eclosão x cama	0,4238	0,1287	0,1831	0,2042
Eclosão x bebedouro	0,4659	0,7257	0,8106	0,7057
Cama x bebedouro	0,1469	0,7880	0,4314	0,7555

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Tabela 12 – Medidas ósseas de fêmur aos 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Comprimento, mm	Diâmetro, mm	Peso, g	Índice de Seedor
Eclosão				
Incubatório	76,23	9,34	15,96	211,70
Aviário	75,47	9,35	15,71	207,60
Cama				
Tela	74,29 ^b	9,11 ^b	14,98 ^b	203,63 ^b
Maravalha	77,34 ^a	9,57 ^a	16,69 ^a	215,34 ^a
Bebedouro				
Infantil	75,92	9,34	15,81	209,24
Nipple	75,76	9,34	15,86	209,97
CV%	4,06	6,33	15,86	12,09
Eclosão	0,4171	0,3294	0,6172	0,6618
Cama	<0,001	0,0040	0,0011	0,0096
Bebedouro	0,5566	0,3657	0,9252	0,8398
Eclosão x cama	0,7969	0,5342	0,9699	0,7992
Eclosão x bebedouro	0,8000	0,1546	0,2752	0,4018
Cama x bebedouro	0,7905	0,8569	0,8107	0,9873

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Os resultados de morfometria de tíbia e fêmur estão apresentados nas Tabelas 13 a 21. Aos 7 dias de idade, observou-se que a instabilidade no andar das aves provocada pela tela de arame resultou em danos na morfometria das epífises da tíbia:

menor largura da placa de crescimento, da área hipertrófica e da área total da epífise (Tabela 13). Aos 21 dias de idade, observou-se efeito da colocação da tela de arame sobre a área de calcificação, cuja medida foi menor ($p < 0,05$) nos ossos das aves criadas nessa condição (Tabela 14). Aos 42 dias, houve interação significativa para a área de calcificação e a relação área de calcificação:área hipertrófica entre modelo de bebedouro e tipo de cama (Tabela 15). No desdobramento da interação, observou-se que a área de calcificação da epífise da tíbia foi maior em aves criadas sobre cama de maravalha e que consumiram água na primeira semana em bebedouros infantis. Considerando a cama de maravalha, o modelo de bebedouro infantil resultou em maior RCH e considerando o bebedouro *Nipple*, as aves mantidas em cama de maravalha apresentaram menores valores de RCH (Tabela 16).

Huang et al. (2018) que observaram que aves com 7 dias de idade acometidas com discondroplasia tibial - DT, ocorria aumento na placa de crescimento de tíbia, a doença é comumente encontrada em aves de crescimento rápido e caracteriza-se por placas de crescimento brancas, não vascularizadas e não mineralizadas, resultando em deformidade óssea e claudicação nas aves. Genin et al (2012), relataram que as aves acometidas com DT apresentavam fraqueza nas pernas, diminuição de movimento, aumento de suscetibilidade a fraturas, redução de desempenho e índices de bem-estar animal, além de gerar perdas econômicas para a indústria avícola.

Na avaliação morfométrica do fêmur, aos 7 dias, houve interação significativa para relação da zona de calcificação e hipertrofia (RCH) entre tipo de cama e tipo de bebedouro (Tabela 17). No desdobramento da interação, observou-se que aves que consumiram água no bebedouro infantil e foram alojadas sobre as telas de arame apresentaram maior RCH. A menor ($p < 0,05$) espessura da placa de crescimento, a exemplo do que foi observado para a tíbia, foi observada nas aves que foram alojadas sobre a tela de arame em comparação às aves mantidas sobre cama de maravalha. Aves eclodidas no aviário, que não foram submetidas aos procedimentos do incubatório e não foram transportadas em caixas de acrílico, apresentaram maior área hipertrófica da epífise do fêmur em relação àquelas que eclodiram no incubatório e foram transportadas para o aviário experimental (Tabela 18).

Na avaliação morfométrica do fêmur aos 21 dias, observou-se efeito significativo do local de eclosão sobre a espessura da placa de crescimento (Tabela 19). Aves eclodidas no aviário apresentaram maior espessura da placa de crescimento do fêmur. Para o tipo de cama houve efeito significativo sobre a zona de calcificação

e área total da epífise. Ambas medidas foram maiores nas epífises do fêmur de aves mantidas em cama de maravalha. Observou-se também, que o modelo de bebedouro influenciou a área total da epífise, que foi maior nas aves que receberam água por meio do bebedouro infantil na primeira semana de vida.

Já para a avaliação morfométrica do fêmur aos 42 dias, houve interação significativa entre o local de eclosão e o tipo de cama (Tabela 20). Aves eclodidas no incubatório e mantidas sobre maravalha nova apresentaram maior ($p < 0,05$) zona hipertrófica que aquelas alojadas sobre tela de arame (Tabela 21). Houve efeito significativo para o tipo de bebedouro e cama para a área total da epífise do fêmur. Houve aumento ($p < 0,05$) da área para os frangos que consumiram água no bebedouro infantil na primeira semana de vida e para os frangos mantidos sobre tela de arame (Tabela 20).

Os osteoblastos são ativadores do receptor do ligante do fator nuclear (RANKL) que é primordial para induzir a osteoclastogênese e manter o equilíbrio entre a reabsorção e a formação óssea, demonstrando seu papel fundamental na reabsorção óssea (Sims e Gooi, 2008). Segundo Huang et al. (2017), há maior morte celular de condrócitos na placa de crescimento quando as articulações das aves são submetidas a força mecânica excessiva. Os autores ainda concluíram que aves de crescimento lento possuíam melhores redes vasculares em zonas hipertróficas de condrócitos, quando comparado a aves comerciais. O estudo ainda demonstrou que até os 14 dias há aumento significativo na quantidade e no tamanho de vasos sanguíneos sugerindo que a hipóxia em zona hipertrófica, é um fator determinante para surgimento de patologias no aparelho locomotor. No presente trabalho, houve redução da zona hipertrófica para os frangos submetidos aos fatores de instabilidade, uso da tela (avaliação de 7 dias – Tabela 13) e bebedouro infantil utilizado apenas na primeira semana (avaliação de 42 dias – Tabela 15) para tíbia, e eclosão no incubatório para fêmur (avaliação aos 7 dias – Tabela 17), sugerindo que a presença do fator de instabilidade do sistema locomotor se torna limitante para a calcificação dos ossos.

Tabela 13 – Morfometria de tíbia aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Placa de crescimento, μm	Zona hipertrófica, μm	Zona de calcificação, μm	RCH	Área, μm^2
Eclosão					
Incubatório	0,77	1,82	1,83	1,05	18,92
Aviário	0,80	1,94	1,88	1,00	19,12
Cama					
Tela	0,73 ^b	1,75 ^b	1,83	1,08	18,50 ^b
Maravalha	0,82 ^a	2,01 ^a	1,87	0,97	19,52 ^a
Bebedouro					
Infantil	0,79	1,88	1,88	1,04	19,17
Nipple	0,77	1,88	1,83	1,01	18,87
CV%	14,73	24,33	24,62	29,43	9,22
Eclosão	0,3590	0,2129	0,6277	0,9357	0,5950
Cama	0,0008	0,0093	0,6957	0,1048	0,0082
Bebedouro	0,8959	0,8959	0,5781	0,8442	0,4220
Eclosão x cama	0,4901	0,9549	0,3827	0,4011	0,2352
Eclosão x bebedouro	0,3007	0,3007	0,1076	0,7170	0,1286
Cama x bebedouro	0,8925	0,4803	0,6943	0,1588	0,7948

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$). RCH: relação zona de calcificação e hipertrofia.

Tabela 14 – Morfometria de tíbia aos 21 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Placa de crescimento, μm	Zona hipertrófica, μm	Zona de calcificação, μm	RCH	Área, μm^2
Eclosão					
Incubatório	1,11	3,51	4,08	1,19	36,61
Aviário	1,04	3,70	4,23	1,20	36,43
Cama					
Tela	1,07	3,40	3,96 ^b	1,21	35,52
Maravalha	1,08	3,81	4,35 ^a	1,17	37,49
Bebedouro					
Infantil	1,06	3,48	4,11	1,22	36,07
Nipple	1,09	3,73	4,20	1,16	37,00
CV%	14,27	14,67	17,14	23,69	6,18
Eclosão	0,1518	0,4338	0,8475	0,5403	0,8907
Cama	0,5422	0,0714	0,0583	0,8010	0,0775
Bebedouro	0,9607	0,8838	0,5591	0,9158	0,1622
Eclosão x cama	0,1870	0,5042	0,7480	0,7119	0,5143
Eclosão x bebedouro	0,3796	0,5319	0,9689	0,9845	0,4887
Cama x bebedouro	0,2221	0,3323	0,1816	0,2547	0,9105

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$). RCH: relação zona de calcificação e hipertrofia.

Tabela 15 – Morfometria de tíbia aos 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Placa de crescimento, µm	Zona hipertrófica, µm	Zona de calcificação, µm	RCH	Área, µm ²
Eclosão					
Incubatório	1,02	3,01	6,20	2,22	45,58
Aviário	1,02	3,14	5,91	2,12	44,59
Cama					
Tela	1,01	2,78 ^b	6,00	2,33	44,04 ^b
Maravalha	1,03	3,36 ^a	6,12	2,01	46,27 ^a
Bebedouro					
Infantil	1,03	2,77 ^b	6,04	2,20	44,76
Nipple	1,01	3,37 ^a	6,08	2,14	45,44
CV%	13,07	44,94	18,86	35,67	7,67
Eclosão	0,9393	0,6599	0,2242	0,5074	0,1786
Cama	0,3382	0,0524	0,6493	0,0500	0,0034
Bebedouro	0,3929	0,0420	0,8766	0,7095	0,3560
Eclosão x cama	0,1023	0,3834	0,4973	0,7450	0,2867
Eclosão x bebedouro	0,6963	0,4797	0,2530	0,5201	0,6353
Cama x bebedouro	0,1631	0,1425	0,0097	0,0328	0,1461

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$). RCH: relação zona de calcificação e hipertrofia.

Tabela 16 – Desdobramento da interação entre tipo de cama e tipo de bebedouro para a área de calcificação e para a relação zona de calcificação e hipertrofia da epífise proximal da tíbia, aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.

	Área de calcificação, µm		Valor de P
	Cama		
	Maravalha	Tela	
Bebedouro			
Infantil	6,501 ^{aA}	5,678 ^{bA}	0,0164
Nipple	5,909 ^{aA}	6,326 ^{aA}	0,2222
Valor de P	0,0698	0,0666	
	RCH da tíbia		
Bebedouro			
Infantil	2,352 ^{aA}	2,190 ^{aA}	0,3936
Nipple	1,854 ^{bB}	2,450 ^{aA}	0,0140
Valor de P	0,0117	0,2461	

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$). RCH: relação zona de calcificação e hipertrofia.

Tabela 17 – Morfometria do fêmur aos 7 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Placa de crescimento, μm	Zona hipertrófica, μm	Zona de calcificação, μm	RCH	Área, mm^2
Eclosão					
Incubatório	0,98	2,89 ^b	2,21	0,79	22,30
Aviário	0,96	3,46 ^a	2,15	0,65	22,66
Cama					
Tela	0,93 ^b	3,10	2,18	0,73	22,11
Maravalha	1,01 ^a	3,23	2,18	0,71	22,84
Bebedouro					
Infantil	0,99	3,09	2,24	0,77	22,44
Nipple	0,95	3,23	2,13	0,67	22,50
CV%	14,04	23,97	24,80	32,55	11,63
Eclosão	0,5897	0,0353	0,8350	0,0339	0,5354
Cama	0,0017	0,2442	0,7597	0,8413	0,1895
Bebedouro	0,2089	0,4969	0,4584	0,2555	0,8926
Eclosão x cama	0,7138	0,3417	0,2871	0,5521	0,2182
Eclosão x bebedouro	0,1223	0,4766	0,3670	0,5153	0,0771
Cama x bebedouro	0,2796	0,7773	0,0990	0,0473	0,8499

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$). RCH: relação zona de calcificação e hipertrofia.

Tabela 18 – Desdobramento da interação entre tipo de cama e tipo de bebedouro para a relação zona de calcificação:hipertrofia da epífise proximal do fêmur, aos 7 dias de idade, dos frangos de corte.

	RCH do fêmur		Valor de P
	Cama		
	Maravalha	Tela	
Bebedouro			
Infantil	0,628 ^{bA}	0,850 ^{aA}	0,0440
Nipple	0,714 ^{aA}	0,602 ^{aB}	0,1831
Valor de P	0,4342	0,0037	

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$). RCH: relação zona de calcificação e hipertrofia.

Tabela 19 – Morfometria do fêmur aos 21 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Placa de crescimento, μm	Zona hipertrófica, μm	Zona de calcificação, μm	RCH	Área, mm^2
Eclosão					
Incubatório	1,09 ^a	1,84	3,98	2,22	32,40
Aviário	0,80 ^b	1,86	4,12	2,29	32,35
Cama					
Tela	1,10	1,81	3,84 ^b	2,21	31,57 ^b
Maravalha	0,81	1,88	4,24 ^a	2,30	33,14 ^a
Bebedouro					
Infantil	1,04	1,85	4,09	2,29	32,56 ^a
Nipple	0,85	1,85	4,01	2,23	32,19 ^b
CV%	20,20	18,49	16,51	24,40	6,65
Eclosão	0,0032	0,7857	0,3065	0,8186	0,9290
Cama	0,2236	0,3503	0,0036	0,0930	0,0278
Bebedouro	0,2690	0,9630	0,5889	0,6760	0,0175
Eclosão x cama	0,3106	0,2309	0,5530	0,4240	0,7205
Eclosão x bebedouro	0,7871	0,7050	0,8500	0,7123	0,5703
Cama x bebedouro	0,3068	0,1426	0,5075	0,6244	0,6134

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$). RCH: relação zona de calcificação e hipertrofia.

Tabela 20 – Morfometria do fêmur aos 42 dias dos frangos de corte submetidos à diferentes fatores de instabilidade na formação e desenvolvimento ósseo de frangos de corte.

	Placa de crescimento, μm	Zona hipertrófica, μm	Zona de calcificação, μm	RCH	Área, mm^2
Eclosão					
Incubatório	0,75	1,45	6,13	4,37	43,40
Aviário	0,73	1,43	5,79	4,21	42,36
Cama					
Tela	0,72	1,42	5,89	4,36	42,04 ^b
Maravalha	0,76	1,45	6,03	4,23	43,99 ^a
Bebedouro					
Infantil	0,72	1,45	5,97	4,27	44,02 ^a
Nipple	0,75	1,43	5,94	4,31	42,02 ^b
CV%	19,99	20,06	14,74	26,40	6,20
Eclosão	0,8015	0,7659	0,0606	0,5163	0,2997
Cama	0,3389	0,6462	0,4236	0,6147	0,0559
Bebedouro	0,5473	0,7641	0,8316	0,9220	0,0344
Eclosão x cama	0,5953	0,0464	0,1466	0,1467	0,3830
Eclosão x bebedouro	0,9524	0,5192	0,8985	0,8364	0,4869
Cama x bebedouro	0,5606	0,2113	0,2307	0,6845	0,2168

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$). RCH: relação zona de calcificação e hipertrofia.

Tabela 21 – Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de cama para a área de hipertrofia da epífise proximal do fêmur, aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.

	Zona hipertrófica do fêmur, μm		Valor de P
	Cama		
	Maravalha	Tela	
Eclosão			
Incubatório	1,526 ^{aA}	1,369 ^{bA}	0,0437
Aviário	1,379 ^{aA}	1,480 ^{aA}	0,2617
Valor de P	0,1081	0,2290	

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

As análises séricas de cálcio total (Ca), cálcio ionizado e fósforo (P) revelaram, aos 7 dias de idade, maior concentração de cálcio total e de cálcio iônico ($p < 0,05$) nas aves que eclodiram no ambiente do aviário (Tabela 22). Já aos 21 dias, pode-se observar maior concentração de cálcio total, fósforo e cálcio iônico ($p < 0,05$) nas aves alojadas sobre a superfície de tela em relação às mantidas sobre cama de maravalha (Tabela 23). Aos 42 dias (Tabela 24), houve interação significativa entre eclosão e modelo de bebedouro utilizado na primeira semana de vida das aves para as concentrações de cálcio sérico total e cálcio iônico e entre eclosão e tipo de cama para as concentrações de fósforo sérico.

No desdobramento das interações observou-se que aves eclodidas no incubatório e alojadas sobre cama de maravalha apresentaram níveis de fósforo sérico inferiores ($p < 0,05$) em relação às aves mantidas sobre tela de arame. Entretanto, quando foi considerado o fator da cama de tela de arame, aves que nasceram no aviário apresentaram níveis de fósforo sérico inferiores (Tabela 25). No desdobramento entre local de eclosão e modelo de bebedouro, observou-se que as aves que eclodiram no aviário apresentaram níveis de cálcio total e de cálcio iônico superiores quando foi utilizado o bebedouro *nipple* na primeira semana de vida. Quando considerado o bebedouro infantil, observou-se níveis superiores tanto para cálcio total quanto para cálcio iônico em aves que eclodiram no incubatório (Tabela 26).

Nos resultados apresentados, observa-se que as aves eclodidas no aviário, aos 7 dias de idade apresentaram os maiores níveis de cálcio total e iônico, indicando que a instabilidade provocada pelo movimento do transporte dos pintinhos do incubatório para o aviário experimental comprometeu a concentração sérica de cálcio. Aos 21 dias de idade houve aumento nas concentrações séricas de Ca e P nas aves mantidas

sobre a cama de tela, sugerindo que a presença do fator de instabilidade da cama, proporcionou aumentos nas concentrações séricas. Ainda, aos 42 dias, as aves que utilizaram bebedouro tipo *nipple* na primeira semana de vida eclodidas no aviário também apresentaram maiores níveis de Ca. A manutenção de níveis adequados de cálcio séricos são essenciais para a saúde da ave, pois o cálcio iônico é a parte fisiologicamente ativa da fração sérica do cálcio, participando da regulação da permeabilidade das membranas plasmáticas, dos processos de coagulação sanguínea, contração muscular, impulsos nervosos e ativação de hormônios (CAPRITA, CAPRITA e CRETESCU, 2013; PIZAURO JUNIOR, GONÇALVES e SANTOS, 2017).

Aos 42 dias, as aves mantidas sobre a cama de tela e eclodidas no aviário apresentaram níveis de fósforo inferiores. Como o fósforo também participa de inúmeras funções no organismo, é responsável junto com o cálcio pela formação e manutenção óssea. O crescimento rápido dos ossos, das aves requer um fornecimento adequado de cálcio e fósforo (WILLIAMS et al., 2000). Sendo que o fornecimento insuficiente ou em excesso de um ou ambos interfere no seu sinergismo e resulta em uma redução da taxa de crescimento e mineralização óssea (PROSZKOWIEC-WEGLARZ E ANGEL, 2013). Além disso, deficiências de Ca e P, em linhagens comerciais de crescimento rápido, podem levar a anormalidades esqueléticas, tais como como raquitismo, discondroplasia, claudicação e consequentemente aumento de mortalidade (KEBREAB e VITTI, 2005; FLEMING, 2008). O resultado encontrado no trabalho indicou que a presença da cama de tela gerou redução nos níveis de P no sangue, propiciando a ave ao desenvolvimento de anormalidades ósseas.

Tabela 22 - Concentração sérica de cálcio total, cálcio iônico e fósforo em frangos de corte aos 7 dias de idade submetidos a diferentes situações de crescimento.

	Cálcio total, mg/dL	Cálcio iônico, mg/dL	Fósforo, mg/dL
Ecloração			
Incubatório	8,49 ^b	6,07 ^b	7,63
Aviário	9,18 ^a	6,63 ^a	8,04
Cama			
Tela	9,11	6,48	8,01
Maravalha	8,54	6,20	7,65
Bebedouro			
Infantil	8,85	6,38	7,75
<i>Nipple</i>	8,81	6,31	7,92
CV%	17,22	16,85	15,67
Ecloração	0,0314	0,0134	0,1093
Cama	0,0818	0,2261	0,1783
Bebedouro	0,9171	0,8113	0,5081
Ecloração x cama	0,3072	0,3234	0,8348
Ecloração x bebedouro	0,3566	0,3433	0,2776
Cama x bebedouro	0,1313	0,1262	0,2443

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

Tabela 23 - Concentração sérica de cálcio total, cálcio iônico e fósforo em frangos de corte aos 21 dias de idade submetidos a diferentes situações de crescimento.

	Cálcio total, mg/dL	Cálcio iônico, mg/dL	Fósforo, mg/dL
Ecloração			
Incubatório	9,73	6,73	8,57
Aviário	9,94	6,95	8,77
Cama			
Tela	10,21 ^a	7,03 ^a	9,01 ^a
Maravalha	9,46 ^b	6,64 ^b	8,33 ^b
Bebedouro			
Infantil	9,97	6,92	8,66
<i>Nipple</i>	9,70	6,75	8,68
CV%	10,82	10,43	10,95
Ecloração	0,2971	0,1202	0,2586
Cama	0,0007	0,0081	0,0009
Bebedouro	0,1917	0,2003	0,8851
Ecloração x cama	0,5294	0,5930	0,8830
Ecloração x bebedouro	0,2825	0,3672	0,2211
Cama x bebedouro	0,2997	0,3613	0,8896

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

Tabela 24 - Concentração sérica de cálcio total, cálcio iônico e fósforo em frangos de corte aos 42 dias de idade submetidos a diferentes situações de crescimento.

	Cálcio total, mg/dL	Cálcio iônico, mg/dL	Fósforo, mg/dL
Eclosão			
Incubatório	10,60	7,33	8,63
Aviário	10,27	7,05	8,57
Cama			
Tela	10,52	7,23	8,70
Maravalha	10,34	7,14	8,51
Bebedouro			
Infantil	10,30	7,05	8,61
<i>Nipple</i>	10,56	7,31	8,59
CV%	9,78	7,85	9,94
Eclosão	0,1191	0,0176	0,6743
Cama	0,3858	0,4163	0,2738
Bebedouro	0,2483	0,0332	0,8815
Eclosão x cama	0,6678	0,6037	0,0132
Eclosão x bebedouro	0,0152	0,0110	0,2183
Cama x bebedouro	0,7766	0,9124	0,5779

Tabela 25 - Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de cama para a concentração sérica de fósforo aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.

	Fósforo, mg/dL		Valor de P
	Cama		
	Tela	Maravalha	
Eclosão			
Incubatório	8,97 ^{aA}	8,33 ^b	0,0061
Aviário	8,45 ^B	8,70	0,3532
Valor de P	0,0422	0,1385	

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Tabela 26 - Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de bebedouro para a concentração sérica de cálcio total e de cálcio iônico aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.

	Cálcio total, mg/dL		Valor de P
	Bebedouro		
	<i>Nipple</i>	Infantil	
Eclosão			
Incubatório	10,46	10,73 ^A	0,3228
Aviário	10,65 ^a	9,88 ^{bB}	0,0178
Valor de P	0,4065	0,0189	
	Cálcio iônico, mg/dL		Valor de P
Eclosão			
Incubatório	7,21	7,35 ^A	0,3826
Aviário	7,32 ^a	6,77 ^{bB}	0,0034
Valor de P	0,4027	0,0059	

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Na avaliação do *score* da gravidade das lesões em epífise, foi possível observar diferença significativa para o local de eclosão para fêmur e tíbia, aos 7 dias, onde observou-se em ambos os casos, maior ($p < 0,05$) *score* de gravidade das lesões quando a eclosão ocorreu no aviário (Tabela 27). Durante o período de incubação dos ovos, principalmente nos últimos dias, a variação de temperatura é um fator crítico no desenvolvimento ósseo, principalmente em ossos longos. Segundo Ipek e Sozcu (2016), a variação de temperatura da incubação pode agravar a incidência e a gravidade de distúrbios de pernas, com isso diminuir a capacidade de locomoção.

Em um trabalho realizado por Oviedo-Rondon et al. (2009), os autores concluíram que frangos de corte oriundos de incubadoras comerciais, em um padrão de temperatura controlada tiveram melhores índices de claudicação em relação aos frangos oriundos de ovos que foram expostos a variação de temperatura. Em concordância, Ipek e Sozcu (2016) concluíram que a variação da temperatura de incubação afetou a capacidade de locomoção das aves e o desenvolvimento ósseo. Com isso, é possível observar que os resultados obtidos no presente trabalho, podem estar relacionados a variação de temperatura causada pelo manuseio e transferências dos ovos no aviário experimental, bem como, a dificuldade em manter a temperatura padrão para a eclosão, visto não se tratar de um ambiente rigorosamente controlado.

Tabela 27 – Avaliação do *score* da gravidade de lesão em epífise aos 7, 21 e 42 dias dos frangos de corte em diferentes condições de crescimento.

	Tíbia				Fêmur			
	7	Dias 21	42	CV%	7	Dias 21	42	CV%
Eclosão								
Incubatório	1,21 ^b	1,25	2,71	44,13	0,94 ^b	1,83	2,75	38,94
Aviário	1,50 ^a	1,29	2,71	40,40	1,31 ^a	1,73	2,75	33,83
Valor de P	0,0458	0,6575	0,8670		0,0134	0,2132	1,000	
Cama								
Maravalha	1,40	1,23	2,65	44,34	1,17	1,75	2,71	36,38
Tela	1,31	1,31	2,77	39,87	1,08	1,81	2,79	36,64
Valor de P	0,4611	0,5670	0,3998		0,5935	0,4552	0,3483	
Bebedouro								
Infantil	1,31	1,23	2,75	42,62	1,12	1,77	2,79	35,50
Nipple	1,40	1,31	2,67	41,72	1,12	1,79	2,70	37,57
Valor de P	0,4611	0,567	0,4661		0,9624	0,8034	0,3483	

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

A avaliação do *Gait Score* realizada aos 35 dias de idade das aves, demonstrou efeito significativo para o tipo de cama. O uso de tela de arame como fator de instabilidade no andar das aves, resultou num número maior ($p < 0,05$) de aves com grau 2 de dificuldade locomotora (grau severo) (Tabela 28). Um sistema de avaliação de pontuação de claudicação, de três pontos foi validado por Webster et al. (2008) com objetivo de avaliar a saúde geral das pernas das aves, metodologia utilizada para avaliação do ensaio.

A claudicação em frangos de corte comerciais está fortemente associada com processos dolorosos, causando uma grande preocupação em caráter de produção e bem-estar animal (Fodor et al., 2023). Riber et al. (2021) observaram que aves com maiores pontuações de claudicação passam mais tempo sentadas, mais tempo inativas e menos tempo expressando suas características naturais, quando comparado as aves de *score* zero. Gocsik et al. (2017), concluíram que a claudicação como um fator estressor, leva a perdas financeiras substanciais, afetando diretamente o ganho de peso diário, a conversão alimentar, a taxa de mortalidade e a taxa de condenação.

Os trabalhos apresentados por Wideman Junior et al. (2012) e Weimer et al. (2021) apontaram a indução de condronecrose bacteriana utilizando modelo experimental de uso de tela de arame no piso dos boxes. Observando os resultados já apresentados no presente estudo, no qual o tratamento com tela de arame comprometeu o desenvolvimento ósseo das aves, e resultou em maior quantidade de aves com *score* de marcha nível 2.

Tabela 28 – Avaliação de *Gait Score* das aves aos 35 dias em diferentes condições de crescimento.

	Score 0	Score 1	Score 2	CV%
Eclosão				
Incubatório	20,83	74,16	5,00	30,41
Aviário	18,33	78,33	3,33	17,74
Valor de P	0,8308	0,5767	0,6132	
Cama				
Maravalha	25,83	73,33	0,83 ^a	29,00
Tela	13,33	79,16	7,50 ^b	14,64
Valor de P	0,1058	0,8041	0,0224	
Bebedouro				
Infantil	17,50	79,16	3,33	25,82
Nipple	21,66	73,33	5,00	23,63
Valor de P	0,3599	0,1068	0,6132	

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Em relação a avaliação de rendimento de carcaça realizado aos 42 dias, avaliado como peso total, houve efeito significativo para o tipo de cama. Observou-se menor ($p < 0,05$) peso de carcaça, peito, coxas e asas para os frangos que foram mantidos sobre tela de arame (Tabela 29). Para os demais tratamentos, local de eclosão e modelo de bebedouro não houve efeito significativo para o rendimento de carcaças aos 42 dias. Além disso, não foi possível observar diferença significativa para avaliação do peso relativo da carcaça e dos cortes comerciais aos 42 dias para os diferentes tratamentos (Tabela 30) com exceção do rendimento de asas. Houve interação significativa entre o local de eclosão e o modelo de bebedouro para o rendimento das asas. Aves eclodidas no incubatório e que receberam água pelo bebedouro infantil, apresentaram maior rendimento de asas em relação às aves nascidas no aviário (Tabela 31).

Hashimoto et al. (2013) observaram uma correlação inversamente proporcional entre a gravidade dos problemas locomotores apresentado pelas aves em relação ao peso do peito. Já Zheng et al. (2023), ao compara o peso de carcaça e peito em relação ao *score* de marcha das aves, e observaram que as aves com maiores índices de claudicação, apresentaram menor peso vivo e peso de peito. Weimer et al. (2019), por sua vez, avaliaram a indução de discondroplasia tibial através da utilização de tela e observaram que as aves que foram alojadas sobre tela, obtiveram menor peso corporal em relação as que estavam em cama de maravalha. Estes resultados corroboram com o encontrado neste trabalho, onde os frangos submetidos ao fator de instabilidade ocasionado pelo uso da tela apresentaram os menores valores para rendimento de carcaça.

Tabela 29 – Rendimento de carcaça aos 42 dias dos frangos de corte em diferentes condições de crescimento.

	Carcaça, g	Peito, g	Coxa, g	Asas, g	Gordura, g
Eclosão					
Incubatório	2405,42	931,58	761,92	240,75	63,01
Aviário	2432,92	952,33	765,04	242,33	63,07
Cama					
Tela	2324,50 ^b	892,50 ^b	740,00 ^b	232,29 ^b	61,88
Maravalha	2513,83 ^a	991,42 ^a	786,96 ^a	250,79 ^a	64,21
Bebedouro					
Infantil	2429,54	957,38	761,79	242,79	62,69
Nipple	2408,79	926,54	765,17	240,29	63,40
CV%	8,65	12,37	9,25	8,16	21,02
Eclosão	0,5251	0,3859	0,8320	0,6933	0,9810
Cama	0,0001	0,0001	0,0019	0,0001	0,3817
Bebedouro	0,6635	0,2320	0,8296	0,5774	0,7909
Eclosão x cama	0,2398	0,3490	0,1353	0,1372	0,6566
Eclosão x bebedouro	0,5059	0,1988	0,7844	0,5774	0,7944
Cama x bebedouro	0,0312	0,4846	0,0116	0,1423	0,6874

Letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Tabela 30 – Percentual de rendimento de carcaça aos 42 dias dos frangos de corte em diferentes condições de crescimento.

	R carcaça %	R peito %	R coxa %	R asas %	R gordura %
Eclosão					
Incubatório	79,11	38,64	31,70	10,03	2,64
Aviário	81,66	39,05	31,48	9,98	2,62
Cama					
Tela	81,00	38,34	31,86	10,01	2,68
Maravalha	79,78	39,36	31,33	10,00	2,58
Bebedouro					
Infantil	80,78	39,33	31,38	10,01	2,61
Nipple	80,00	38,37	31,80	9,99	2,65
CV%	2,59	6,32	5,15	5,10	19,35
Eclosão	0,4826	0,4297	0,5063	0,6531	0,8855
Cama	0,8624	0,0506	0,1160	0,8973	0,1648
Bebedouro	0,1396	0,0638	0,2175	0,8690	0,9459
Eclosão x cama	0,2859	0,8552	0,4481	0,7249	0,0487
Eclosão x bebedouro	0,2978	0,1043	0,4350	0,0224	0,6493
Cama x bebedouro	0,0285	0,1022	0,3301	0,1647	0,6379

Tabela 31 – Desdobramento da interação entre local de eclosão e tipo de bebedouro para o rendimento de asas, aos 42 dias de idade, dos frangos de corte.

	Rendimento de asas (%)		Valor de P
	Incubatório	Aviário	
Bebedouro			
Infantil	10,155 ^{aA}	9,867 ^{bA}	0,0421
Nipple	9,898 ^{aA}	10,09 ^{aA}	0,2188
Valor de P	0,0913	0,1262	

Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem estatisticamente (P<0,05).

Procedeu-se também análise discriminante canônica para verificar a relação entre as variáveis estudadas. A análise de correlação canônica tem como objetivo principal identificar e quantificar a relação entre dois conjuntos de variáveis e como objetivo secundário prever múltiplas variáveis através de outras múltiplas variáveis. O sumário da análise discriminante canônica conforme os indicadores em diferentes idades (7, 21 e 42 dias) das aves é apresentado na Tabela 1 (ANEXO). A gravidade das lesões, densitometria radiográfica óssea, cinzas ósseas, resistência à quebra óssea, morfologia das epífises/metáfises ósseas e *Gait Score* apresentaram semelhanças (P>0.005) entre os diferentes tratamentos nas diferentes idades. Esse resultado também foi reportado para as características ósseas, porém somente aos 7 e 21 dias.

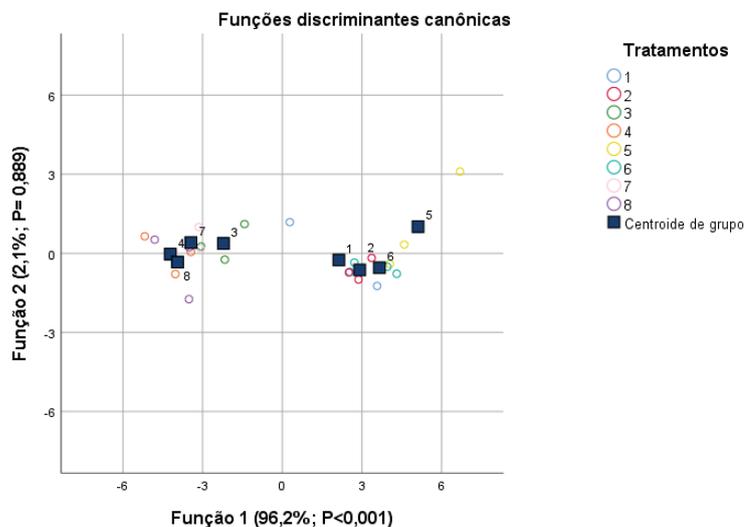
As duas primeiras funções discriminantes canônicas foram significativas (P<0.001; Tabela 1 - ANEXO) e discriminaram mais de 98% da variação entre os diferentes fatores estudados quando se avaliou o desempenho produtivo aos 7 e 42 dias. Em ambas as idades, mais de 40% dos animais foram classificados corretamente dentro do fator de origem. Para a combinação dos fatores aves eclodidas no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário + bebedouro *nipple* foram 100% classificados dentro da mesma identidade em relação ao desempenho produtivo aos 7 dias. Aos 42 dias, esse comportamento foi observado para a combinação aves eclodidas no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário + bebedouro infantil (primeira semana). Em adição, observou-se uma dinâmica classificatória das aves conforme o tipo de piso do galpão (tela de arame liso sobre a cama de aviário nova e cama de aviário nova), independentemente do tipo de bebedouro e local de eclosão para desempenho aos 7 e 42 dias, sendo o ganho de peso e o consumo de ração os principais biomarcadores para essa dinâmica classificatória.

Para as características ósseas aos 42 dias, as duas primeiras funções discriminantes discriminam 61% da variação dos dados, porém somente a primeira foi significativa (40,8; $P=0,034$). Na análise, 39,8% dos animais foram classificados corretamente no seu grupo de origem com taxas de classificações menores que 60% por tratamento. Em ordem de importância o peso da tíbia, índice de Seedor da tíbia e comprimento da tíbia foram as três principais características ósseas responsáveis pela dinâmica da classificação dos animais conforme o tipo de piso do galpão (tela de arame liso sobre a cama de aviário nova e cama de aviário nova), independentemente do tipo de bebedouro e local de eclosão.

Somente as primeiras funções discriminantes canônicas foram significativas para os níveis de cálcio e fósforo sérico aos 7, 21 e 42 dias (Tabela 1 - ANEXO). A taxa geral de classificação dos animais foi crescente com 23,4 aos 7 dias, 27,4% aos 21 dias e 31,9% aos 42 dias. Nenhum animal foi classificado corretamente quando submetidos a eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*. A biplotagem das duas primeiras funções demonstrou uma formação de uma dinâmica classificatória aos 42 dias quando comparada aos 7 e 21 dias (Figuras 4,5 e 6), sendo o Ca iônico e Ca total os principais biomarcadores.

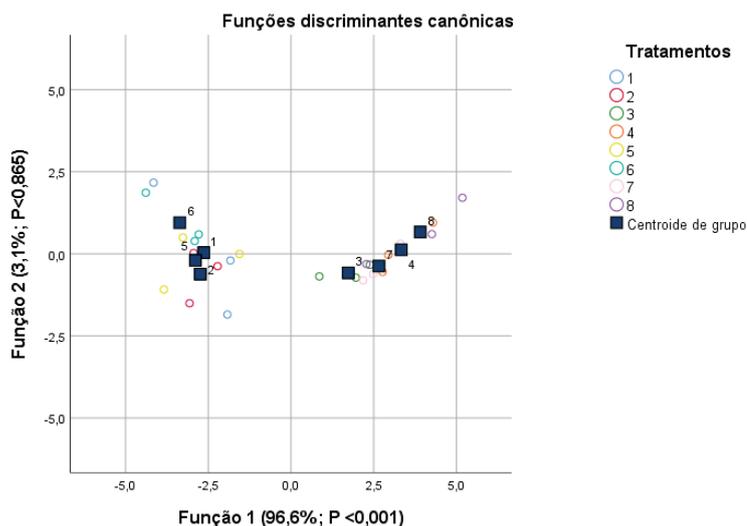
Para as características de carcaça, somente a primeira função discriminante foi significativa (51,4%; $P=0,009$). A taxa geral de classificação dos animais no seu grupo de origem foi relativamente baixa (33,33%) e a taxa entre tratamentos foi $\leq 50\%$. A biplotagem das duas primeiras funções demonstrou uma dinâmica de classificação das aves conforme o tipo de piso do galpão, independentemente do tipo de bebedouro e local de eclosão para desempenho. O peso da carcaça, peito e rendimento do peito são as variáveis mais afetadas.

Figura 4 - Biplot das características de desempenho produtivo aos 7 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.



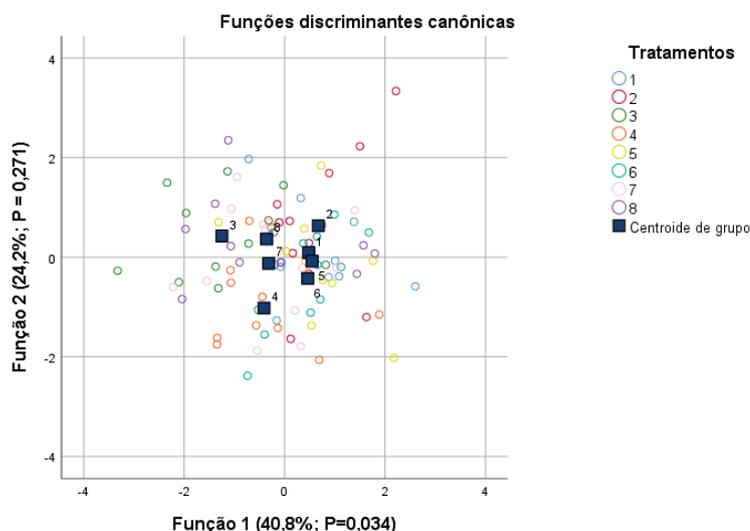
Fonte: O autor (2024). Tratamentos: T1: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T2: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T3: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T4: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T5: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T6: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T7: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T8: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana).

Figura 5 - Biplot das características de desempenho produtivo aos 42 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.



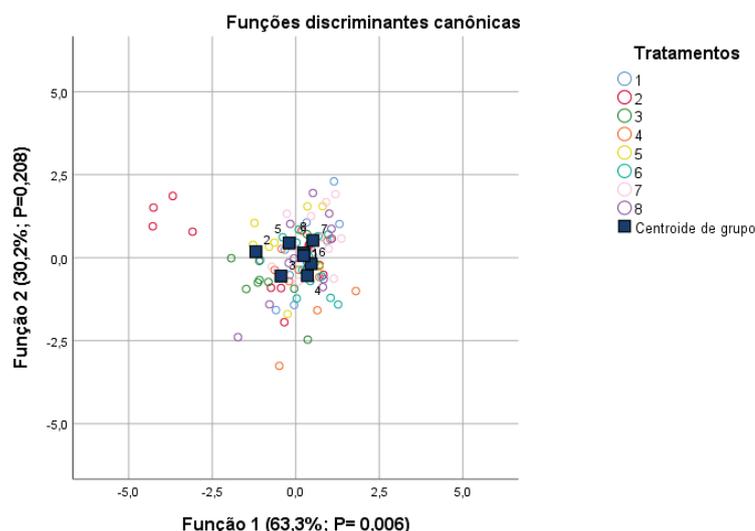
Fonte: O autor (2024). Tratamentos: T1: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T2: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T3: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T4: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T5: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T6: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T7: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T8: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana).

Figura 6 - Biplot das características ósseas para os 42 dias para frangos de corte em diferentes condições de manejo.



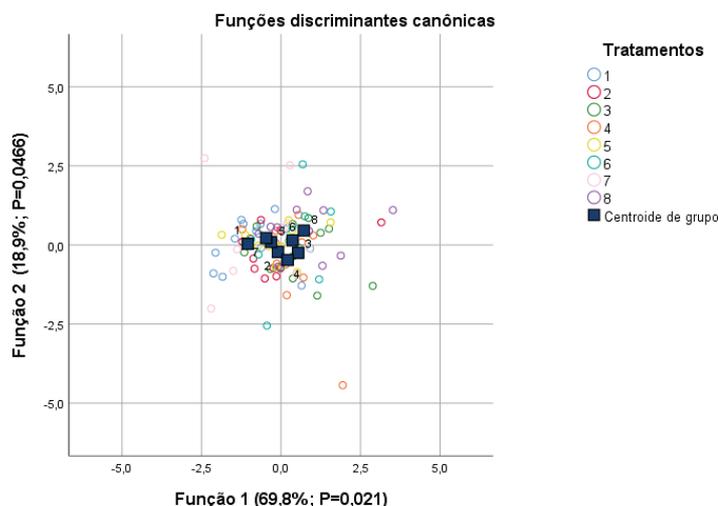
Fonte: O autor (2024). Tratamentos: T1: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T2: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T3: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T4: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T5: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T6: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T7: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T8: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana).

Figura 7 - Biplot para os níveis de fósforo e cálcio sérico aos 7 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.



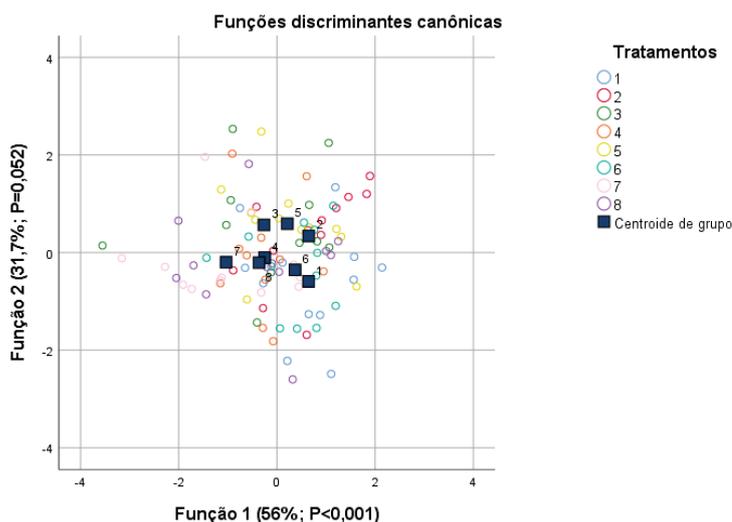
Fonte: O autor (2024). Tratamentos: T1: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T2: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T3: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T4: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T5: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T6: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T7: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T8: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana).

Figura 8 - Biplot para os níveis de fósforo e cálcio sérico aos 21 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.



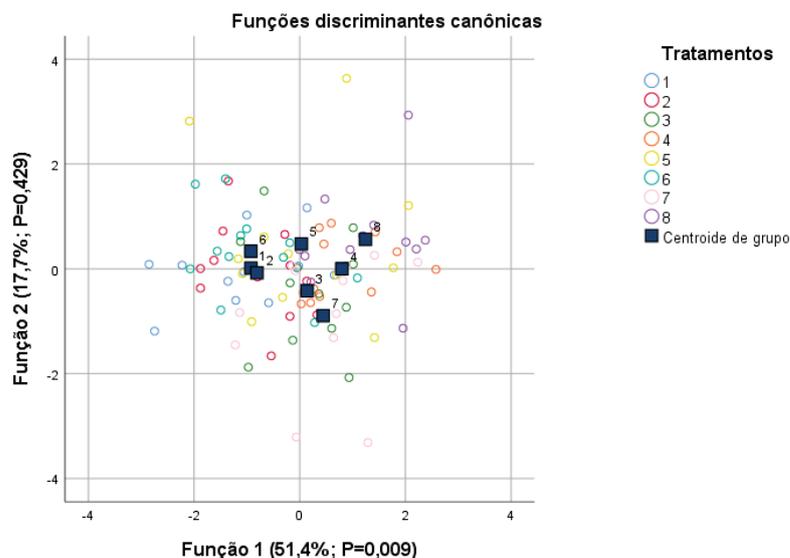
Fonte: O autor (2024). Tratamentos: T1: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T2: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T3: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T4: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T5: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T6: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T7: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T8: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana).

Figura 9 - Biplot para os níveis de fósforo e cálcio sérico aos 42 dias de idade para frangos de corte criados em diferentes condições de manejo.



Fonte: O autor (2024). Tratamentos: T1: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T2: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T3: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T4: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T5: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T6: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T7: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T8: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana).

Figura 10 - Biplot para as características da carcaça aos 42 dias para frangos de corte em diferentes condições de manejo.



Fonte: O autor (2024). Tratamentos: T1: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T2: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T3: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T4: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T5: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T6: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T7: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T8: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana).

CONCLUSÕES

A presença dos fatores de instabilidade prejudicou o desempenho produtivo, o desenvolvimento ósseo e o rendimento das carcaças das aves. Os fatores de instabilidade e manejo de bebedouro podem influenciar a patogênese de problemas locomotores em frangos de corte.

REFERÊNCIAS

- ASNAYANTI, A.; DO, A. D. T.; ALHARBI, K.; ALRUBAYE, A. Inducing experimental bacterial chondronecrosis with osteomyelitis lameness in broiler chickens using aerosol transmission model. **Poultry Science**, v. 103, n. 3, 2024.
- BLACK, M. S.; GARCIA, R. A.; ELLESTAD, L. E. Physiological regulation of calcium and phosphorus utilization in laying hens. **Frontiers in Physiology**, v. 14, n. 1112499, 2023.

CAPRITA, R.; CAPRITA, A.; CRETESCU, I. Estimation of ionized calcium and corrected total calcium concentration based on serum albumin level. **Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies**, v. 46, n. 1, 2013.

CAVANI, R.; RUBIO, M. S.; PIZAURO, L. J. L.; CARDOZO, M. V.; ALVES, K. A. P. Problemas locomotores e qualidade de Carne. **AviNews**, 23 ago. 2021.

CHARUTA, A.; GAPPA, M. D.; KOMOSA, M.; BIESIADA-DRZAZGA B. Age- and Sex-Related Changes in Mineral Density and Mineral Content of the Tibiotarsal Bone in Quails During Post-hatching Development. **Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi**, v. 19, n. 1, 2013.

EL-SAFTY, S. A.; GALAL, A.; EL-GENDI, G. M.; EL-AZEEM, N. A. A.; GHAZALY, M. A.; ABDELHADY, A. Y. M.; Effect of 25-hydroxyvitamin D supplementation, ultraviolet light and their interaction on productive performance, bone characteristics, and some behavioral aspects of broiler chicks. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 67, n. 1, p. 72-78, 2022.

EVARIS, E. F.; SARMIENTO-FRANCO, L.; SANDOVAL-CASTRO, C. A. Meat and bone quality of slow-growing male chickens raised with outdoor access in tropical climate. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 98, 2021.

FLEMING, R. H. Nutritional factors affecting poultry bone health. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 67, n. 2, p. 177-183, 2008.

FODOR, I.; SLUIS, M.; JACOBS, M.; KLERK, B.; BOUWMAN, A. C.; ELLEN, E. D. Automated pose estimation reveals walking characteristics associated with lameness in broilers. **Poultry Science**, v. 102, n. 8, 2023.

GENIN, O.; HASDAI, A.; SHINDER, D.; PINES, M. The effect of inhibition of heat-shock proteins on thiram-induced tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, v. 91, n. 7, p. 1619-1626, 2012.

GILLEY, A. D.; LESTER, H.; PEVZNER, I. Y.; ANTHONY, N. B.; WIDEMAN JUNIOR, R. F. Evaluating portable wire-flooring models for inducing bacterial chondronecrosis with osteomyelitis in broilers. **Poultry Science**, v. 93, n. 6, p. 1354-1367, 2014.

GOCSIK, E.; SILVERA, A. M.; HANSSON, H.; SAATKAMP, H. W.; BLOKHUIS, H. J. Exploring the economic potential of reducing broiler lameness. **British Poultry Science**, v. 58, n. 4, 2017.

GRANQUIST, E. G.; VASDAL, G.; JONG, I. C.; MOE, R. O. Lameness and its relationship with health and production measures in broiler chickens. **Animal**, v. 13, n. 10, p. 2365-2372, 2019.

GUZ, B. C. Healthy bones for broiler chickens. **Wageningen University and Research**, 2022.

HASHIMOTO, S.; YAMAZAKI, K.; OBI, T.; TAKASE, K. Relationship between severity of footpad dermatitis and carcass performance in broiler chickens. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 75, n. 11, p. 1547-1549, 2013.

HUANG, S.; HE, Y.; CHEN, P.; LIU, K. SHAUKAT, A. Gut microbiota as a target in the bone health of livestock and poultry: roles of short-chain fatty acids. **Animal Diseases**, v. 3, n. 23, 2023.

HUANG, S.; KONG, A.; CAO, Q.; TONG, Z.; WANG, X. The role of blood vessels in broiler chickens with tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, v. 98, n. 12, p. 6527-6532, 2019.

HUANG, S.; ZHANG, L.; ZHANG, J.; MUJEEB, U. R.; TONG, X.; QIU, G.; JANG, X.; IQBAL, M.; SHAHZAD, M.; SHEN, Y.; LI, J. Role and regulation of growth plate vascularization during coupling with osteogenesis in tibial dyschondroplasia of chickens. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.

HUANG, Z.; ZHOU, M.; WANG, Q.; ZHU, M.; CHEN, S.; LI, H. Mechanical and hypoxia stress can cause chondrocytes apoptosis through over-activation of endoplasmic reticulum stress. **Archives of Oral Biology**, v. 84, p. 125-132, 2017.

IPEK, A.; SOZCU, A. The effects of eggshell temperature fluctuations during incubation on welfare status and gait score of broilers. **Poultry Science**, v. 95, n. 6, p. 1296-1303, 2016.

JACOB, F. G.; BARACHO, M. S.; NÄÄS, I. A.; SOUZA, R.; SALGADO, D. D. The use of infrared thermography in the identification of pododermatitis in broilers. **Engenharia Agricola**, v. 36, n. 2, p. 253-259, 2016.

JONG, I. C.; GUNNINK, H.; HARN, J. Wet litter not only induces footpad dermatitis but also reduces overall welfare, technical performance, and carcass yield in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, n. 1, p. 51-58, 2014.

KEBREAB, E.; VITTI, D. M. S. S. Mineral Metabolism. In.: DIJKSTRA, J.; FORBES, J. M.; FRANCE, J. **Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism**, 2^a ed. p. 469-486, 2005.

KINI, U.; NANDEESH, B. N. Physiology of Bone Formation, Remodeling, and Metabolism. In: FOGELMAN, I., GNANASEGARAN, G.; WALL, H. **Radionuclide and Hybrid Bone Imaging**. Springer, 2012.

KNOWLES, T. G.; KESTIN, S. C.; HASLAM, S. M.; BROWN, S. N.; GREEN, L. E.; BUTTERWORTH, A.; POPE, S. J.; PFEIFFER, D.; NICOL, C. J. Leg Disorders in Broiler Chickens: Prevalence, Risk Factors and Prevention. **Plos One**, v. 3, n. 2, 2008.

LI, X. M.; ZHANG, M. H.; LIU, S. M.; FENG, J. H.; MA, D. D.; LIU, Q. X.; ZHOU, Y.; WANG, X. J.; XING, S. Effects of stocking density on growth performance, growth regulatory factors, and endocrine hormones in broilers under appropriate environments. **Poultry Science**, v. 98, n. 12, p. 6611-6617, 2019.

LONG, F.; ORNITZ, D. M. Development of the Endochondral Skeleton. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v. 5, n. 1, 2013.

MACKIE, E. J.; AHMED, Y. A.; TATARCZUCH, L.; CHEN, K. S.; MIRAMS, M. Endochondral ossification: How cartilage is converted into bone in the developing skeleton. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v. 40, p. 46-62, 2008.

OVIEDO-RONDON, E. O.; WINELAND, M. J.; SMALL, J.; CUTCHIN, H.; MCELROY, A.; BARRI, A.; MARTIN, S. Effect of incubation temperatures and chick transportation conditions on bone development and leg health. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, n. 4, p. 671-678, 2009.

PEDERSEN, I. J.; TAHAMTANI, F. M.; FORKMAN, B.; YOUNG, J. F.; POULSEN, H. D.; RIBER, A. B. Effects of environmental enrichment on health and bone characteristics of fast growing broiler chickens. **Poultry Science**, v. 99, n. 4, p. 1946-1955, 2020.

PIZAURO JUNIOR, J. M.; GONÇALVES, A. M.; SANTOS, L. F. Regulação do metabolismo ósseo por hormônios e íon inorgânicos. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das aves comerciais**. Jaboticabal: Funep, cap.20, 2017.

PROSZKOWIEC-WEGLARZ, M.; ANGEL, R. Calcium and phosphorus metabolism in broilers: Effect of homeostatic mechanism on calcium and phosphorus digestibility. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 3, p. 609-627, 2013.

RIBER, A. B.; HERSKIN, M. S.; FOLDAGER, L.; BERENJIAN, A.; SANDERCOOK, D. A.; MURRELL, J.; TAHAMTANI, F. M. Are changes in behavior of fast-growing broilers with slight gait impairment (GS0-2) related to pain?. **Poultry Science**, v. 100, n. 3, 2021.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Funep: Jaboticabal, 262p., 2016.

SANCHEZ-RODRIGUEZ, E.; BENAVIDES-REYES, C.; TORRES, C.; DOMINGUEZ-GASCA, N.; GARCIA-RUIZ, A. I.; GONZALEZ-LOPEZ, S.; RODRIGUEZ-NAVARRO, A. B. Changes with age (from 0 to 37 D) in tibiae bone mineralization, chemical composition and structural organization in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 98, n. 11, p. 5215-5225, 2019.

SEEDOR, J. G.; QUARTUCCIO, H. A.; THOMPSON, D. D. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibits bone loss due to ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 6, n. 4, p.339-346, 1991.

SHIM, M. Y.; KARNUAH, A. B.; MITCHELL, A. D.; ANTHONY, N. B.; PESTI, G. M.; AGGREY, S. E. The effects of growth rate on leg morphology and tibia breaking strength, mineral density, mineral content, and bone ash in broilers. **Poultry Science**, v. 91, n. 8, p. 1790-1795, 2012.

SIMS, N. A.; GOOI, J. H. Bone remodeling: Multiple cellular interactions required for coupling of bone formation and resorption. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, v. 19, n. 5, p. 444-451, 2008.

SMITH, M. O. Nutrient content of carcass parts from broilers reared under cycling high temperatures. **Poultry Science**, v. 72, n. 11, p. 2166-2171, 1993.

WEBSTER, A. B.; FAIRCHILD, B. D.; CUMMINGS, T. S.; STAYER, P. A. Validation of a Three-Point Gait-Scoring System for Field Assessment of Walking Ability of Commercial Broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 17, n. 4, p. 529-539, 2008.

WEIMER, S. L.; WIDEMAN, R. F.; SCANES, C. G.; MAUROMOUSTAKOS, A.; CHRISTENSEN, K. D.; VIZZIER-THAXTON, Y. The utility of infrared thermography for evaluating lameness attributable to bacterial chondronecrosis with osteomyelitis. **Poultry Science**, v. 98, n. 4, p. 1575-1588, 2019.

WEIMER, S. L.; WIDEMAN, R. F.; SCANES, C. G.; MAUROMOUSTAKOS, A.; CHRISTENSEN, K. D.; VIZZIER-THAXTON, Y. Impact of experimentally induced bacterial chondronecrosis with osteomyelitis (BCO) lameness on health, stress, and leg health parameters in broilers. **Poultry Science**, v. 100, n. 11, 2021.

WIDEMAN JUNIOR, R. F.; HAMAL, K. R.; STARK, J. M.; BLANKENSHIP, J.; LESTER, H.; MITCHELL, K. N.; LORENZONI, G.; PEVZNER, I. A wire-flooring model for inducing lameness in broilers: Evaluation of probiotics as a prophylactic treatment. **Poultry Science**, v. 91, n. 4, p. 870-883, 2012.

WIDEMAN, R. F. Bacterial chondronecrosis with osteomyelitis and lameness in broilers: a review. **Poultry Science**, v. 95, n. 2, p. 325-344, 2016.

WIDEMAN, R. F.; PRISBY, R. D. Bone circulatory disturbances in the development of spontaneous bacterial chondronecrosis with osteomyelitis: a translational model for the pathogenesis of femoral head necrosis. **Frontiers in endocrinology**, v. 3, n. 183, 2013.

WILLIAMS, B.; WADDINGTON, D.; SOLOMON, S.; FARQUHARSON, C. Dietary effects on bone quality and turnover, and Ca and P metabolism in chickens. **Research in Veterinary Science**, v. 69, n. 1, p. 81-87, 2000.

XU, B.; XU, T.; DING, W.; HUANG, S. Diagnosis of leg diseases in broiler chickens: A retrospective review. **Journal of Integrative Agriculture**, 2024.

YAN, B.; ZHANG, Z.; JIN, D.; CAI, C.; JIA, C.; LIU, W.; WANG, T.; LI, S.; ZHANG, H.; HUANG, B.; LAI, P.; WANG, H.; LIU, A.; ZENG, C.; CAI, D.; JIANG, Y.; BAI, X. mTORC1 regulates PTHrP to coordinate chondrocyte growth, proliferation and differentiation. **Nature Communications**, v. 7, n. 11151, 2016.

YAPING, G.; HEHE, T.; XIANGNAN, W.; WENTING, L.; YANBIN, W.; FENGBIN, Y.; XIANGTAO, K.; ZHUANJIANG, L.; RUILI, H. Clinical assessment of growth performance, bone morphometry, bone quality, and serum indicators in broilers affected by valgus-varus deformity. **Poultry Science**, v. 98, n. 10, p. 4433-4440, 2019.

ZHENG, J.; LIU, D.; ZHANG, G.; DING, J.; HE, Z.; LI, Q.; LIU, R.; WEN, J.; ZHAO, G. Improve the accuracy of chicken leg disease assessment by combination of gait score and X-ray scan. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 32, n. 2, 2023.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O maior desafio atual da avicultura é a manutenção de um ambiente adequado e saudável que permite a expressão do comportamento das aves, atenda o bem-estar, a saúde e a produtividade das aves.

A presença de cascões causa instabilidade nas articulações de ossos longos, ainda com grande quantidade de tecido cartilaginoso. O manejo da cama e do ambiente das aves se constituem no maior desafio que precisa ser enfrentado. Com as constantes melhorias genéticas, o aumento da taxa de crescimento e da taxa metabólica das aves vêm acompanhado do aumento do consumo de ração, da produção de gases e da excreção de água. A cama retém esses substratos, os quais são metabolizados pela microbiota, alterando o perfil e a diversidade, gerando ainda mais umidade e amônia. A umidade excessiva contribui com a ocorrência direta dos problemas locomotores e artrites, enquanto, a amônia é o principal agressor da mucosa respiratória, predispondo a ocorrência de aerossaculite e outros problemas respiratórios. Importante considerar que os sistemas de mucosa, respiratório e gastrointestinal, se comunicam, com trocas de moléculas, citocinas inflamatórias e agentes patogênicos, que podem afetar o crescimento e mineralização óssea.

A utilização dos fatores de instabilidade de cama, manejo e na eclosão dos frangos de corte proporcionou resultados que auxiliam na compreensão de fatores de predisposição aos problemas locomotores nos frangos de corte. Considera-se a tela como um modelo de indução de instabilidade da cama, comprometendo a conversão alimentar, ganho de peso, consumo de ração e rendimento de carcaças; afetando índices de desenvolvimento ósseo como densidade e resistência; gerando alterações nas avaliações de medidas ósseas e morfométricas de tíbia e fêmur ao longo dos dias de idade das aves; reduzindo a concentração de cálcio e fósforo sérico; e gerando maiores índices de *Gait score* nas aves. Além disso, a utilização de bebedouro tipo *nipple* proporcionou maior incidência de lesões nos frangos de corte. O que reforça a necessidade da regulagem adequada da altura dos bebedouros ao longo do aviário, bem como o nivelamento da cama. A altura das linhas dos bebedouros *nipple*, assim como a pressão e vazão, são fatores que podem comprometer a saúde das placas de crescimento dos ossos, devido ao esforço para beber água.

Pesquisas adicionais devem ser realizadas visando elucidar melhor o efeito do transporte, com melhor controle de ambiência, visando o controle nas alterações de

temperatura e umidade no processo de alojamento de pintinhos e incubação dos ovos. No incubatório, estudos precisam ser desenvolvidos buscando oportunidades de melhoria no desenvolvimento do tecido ósseo, além de melhorias nos processos que o pintainho recém eclodido é submetido. Na eclosão, os pintinhos apresentam placas de crescimento ósseo espessas e frágeis e ossos finos e porosos. O período logo após a eclosão é um estágio crítico para o desenvolvimento ósseo e por isso as práticas realizadas no incubatório devem prevenir lesões mecânicas e amenizar estressores e contaminações que possam impactar o crescimento e a mineralização óssea. Somado a isso, o tempo e a qualidade do transporte dos pintinhos até as granjas podem ser fatores primários da ocorrência de problemas locomotores em frangos de corte.

A mensuração de cálcio sérico proporcionou uma avaliação complementar dos problemas ósseos. Entretanto, é necessário aprimorar formas de avaliação mais específicas do processo de remodelamento ósseo. A utilização de marcadores de reabsorção e remodelação óssea podem ser boas ferramentas para aprimorar o conhecimento sobre a incidência de problemas locomotores em frangos de corte.

ANEXO I

Tabela 1. Sumário da análise discriminante canônica para diferentes indicadores conforme as idades de frangos submetidos as diferentes condições de manejo.

Indicadores	Dias	CCC	Tratamentos								Funções		P - valor		Biomarcador
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	
			33,3	66,7	100	33,3	33,3	66,7	66,7	33,3	33,3	96,2	2,1	0,001	
Desempenho produtivo	7	54,2	33,7	33,3	66,7	0	33,3	67,7	33,3	67,7	96,6	3,1	0,001	0,865	GP < CR < CA CR < CA
Características Ósseas	7	31,6	58,3	16,7	16,7	16,7	27,3	25	50	41,7	35,4	27,4	0,183	0,465	-
	21	34,4	41,7	33,3	33,3	8,3	50	58,3	41,7	8,3	35,1	23,3	0,316	0,627	-
Cálcio e Fósforo Sérico	42	39,8	50	33,3	54,5	50	25	33,3	16,7	58,3	40,8	24,2	0,034	0,271	TP < TSEED < TC
	7	23,4	33,3	33,3	25	0	8,3	41,7	8,3	63,3	30,2	0,006	0,208	Caion < P	
Gravidade das lesões	21	27,4	63,6	16,7	25	33,3	0	33,3	16,7	33,3	69,8	18,9	0,21	0,466	Ca < Caion < F
	42	31,9	41,7	58,3	18,2	36,4	25	25	41,7	8,3	56	31,7	0,001	0,052	Caion < Ca < F
Carcaça	7	13,5	0	41,7	16,7	0	8,3	33,3	8,3	0	66,7	33,3	0,62	0,68	-
	21	17,7	0	0	66,7	41,7	0	0	33,3	0	62,1	37,9	0,681	0,654	-
Densitometria	42	18,8	33,3	0	0	0	33,3	0	0	83,3	94,5	5,5	0,72	0,996	-
	42	33,3	33,3	16,7	50	50	8,3	41,7	16,7	50	51,4	17,7	0,009	0,429	PCarcaça < Peito < R Peito
Morfologia	7	26,3	25	41,7	25	0	8,3	9,1	41,7	58,3	57	24,8	0,577	0,754	-
	21	21,6	45,5	9,1	27,3	27,3	16,7	9,1	10	27,3	67,5	27,4	0,644	0,913	-
Gait Score	42	22,1	50	16,7	33,3	18,2	8,3	16,7	8,3	25	67,9	24	0,462	0,859	-
	7	49,3	30	54,5	60	77,8	33,3	42,9	50	44,4	39,4	25,1	0,018	0,201	-
Gait Score	21	52,5	57,1	37,5	71,4	28,6	62,5	62,5	42,9	55,6	45,6	30,1	0,411	0,881	-
	42	80	66,7	100	71,4	66,7	50	66,7	100	100	62,3	18,9	0,334	0,914	-
Gait Score	42	33,3	33,3	0	66,7	33,3	0	33,3	0	100	90,2	9,8	0,425	0,932	-

Nota: CCC – Casos classificados corretamente no seu grupo de origem; Tratamentos = T1: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T2: eclosão no incubatório + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T3: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T4: eclosão no incubatório + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T5: eclosão no aviário experimental + cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T6: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro *nipple*; T7: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana); T8: eclosão no aviário experimental + tela de arame liso sobre a cama de aviário nova + bebedouro infantil (primeira semana)

