

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DENSIDADE MINERAL ÓSSEA TOTAL E MORFOLOGIA DO FÊMUR E DA
TÍBIA DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES TIPOS CORPORAIS**

**Discente: ARTHUR VIEIRA DA COSTA
Orientadora: PROF^a. DR^a. LIZANDRA AMOROSO**

**Jaboticabal
2023**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

DENSIDADE MINERAL ÓSSEA TOTAL E MORFOLOGIA DO FÊMUR E A
TÍBIA DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES TIPOS CORPORAIS

Aluno: Arthur Vieira da Costa

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lizandra Amoroso

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, para obtenção do
título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Jaboticabal - SP

2º Semestre/2023

C837d Costa, Arthur Vieira da
Densidade mineral óssea total e morfologia do fêmur e da
tíbia de frangos de corte de diferentes tipos corporais / Arthur
Vieira da Costa. -- Jaboticabal, 2023
30 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Lizandra Amoroso

1. Ossos longos. 2. Frangos de corte. 3. Macroscopia. 4.
DXA. 5. Aves. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

DEPARTAMENTO: MORFOLOGIA E FISIOLOGIA ANIMAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: DENSIDADE MINERAL ÓSSEA TOTAL E MORFOLOGIA DO FÊMUR E DA
TÍBIA DE FRANGOS DE CORTE DE DIFERENTES TIPOS CORPORAIS

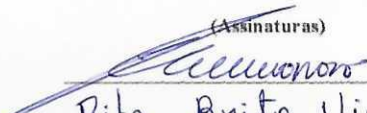
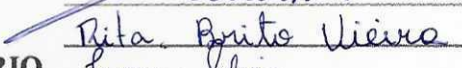
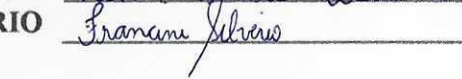
ACADÊMICO: ARTHUR VIEIRA DA COSTA

CURSO: CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ORIENTADOR (ES): PROFª DRª LIZANDRA AMOROSO

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente	PROFª. DRª LIZANDRA AMOROSO	
Membro	Me. RITA BRITO VIEIRA	
Membro	Me. FRANCINE DE CAMPOS SILVERIO	

Jaboticabal 12 / 12 / 2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 14 / 12 / 2023


Profa. Dra. Cynthia Peralta de Almeida Prado
Chefe do Depto. de Morfologia e
Fisiologia Animal

AGRADECIMENTOS

Agradeço, principalmente, a Deus por ter me dado a oportunidade de cursar uma universidade pública e me guiar durante todas as dificuldades e alegrias dessa jornada. Sou muito grato aos meus pais, Antônio Costa e Rosângela Costa, e a minha irmã, Andressa Costa, por terem acreditado e sonhado comigo desde o início da graduação. Agradeço também a Júlia Toyofuku, minha namorada, por todo apoio e conselhos durante essa última fase da graduação, com certeza foram fundamentais na minha caminhada.

Agradeço a todos os colegas do Morpholab que estiveram nas coletas e desenvolvimento do trabalho, especialmente a Francine, Milena, Juciê e Guilherme. Sou extremamente agradecido a minha orientadora, Prof^a Dra^a Lizandra Amoroso, por todo apoio durante todas as fases da pesquisa, sem o seu direcionamento, paciência e doçura não conseguiria concluir essa etapa.

Agradeço a todos os colegas que iniciaram a graduação comigo em 2018 e aos colegas que conheci durante a graduação, e que até tomaram ônibus comigo todas as noites nos últimos anos no bate-volta Ribeirão Preto a Jaboticabal.

Agradeço ao CNPq e à Unesp – FCAV, Câmpus de Jaboticabal, pelo financiamento e apoio à pesquisa.

Graças a Deus, a minha família e aos meus amigos, consegui realizar um sonho de criança.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Constituição óssea.....	10
1.2. Morfologia óssea das aves	13
1.3. Aspectos do fêmur e da tíbia de aves de produção diferentes	15
1.4. Classificação de carcaças de frango de corte	17
2. OBJETIVO.....	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÃO.....	26
6. REFERÊNCIAS.....	27

RESUMO

Como o tecido ósseo é dinâmico e sensível às mudanças de padrão corporal, os frangos de corte são um exemplo em que os desequilíbrios nutricionais, crescimento rápido e as condições de criação podem comprometer a saúde óssea. Considerando a importância da tipificação corporal adequada para reduzir condenações em frigoríficos, esse estudo foi proposto com o objetivo de analisar a densidade mineral óssea e o conteúdo mineral ósseo bem como os aspectos macroscópicos do fêmur e da tíbia de aves de diferentes tipos corporais provenientes de abatedouro fiscalizado pelo Serviço de Inspeção Federal. Para isto, o total de 48 carcaças de aves foram distribuídas em três grupos: padrão (n=16), aves que apresentavam peso corporal e cobertura muscular ideais, desuniforme (n=16) apresentavam peso corporal médio inferior ao grupo padrão e menor cobertura muscular peitoral e caquético (n=16), com peso e tamanhos reduzidos, com atrofia muscular e proeminência do esterno. Os frangos de corte eram provenientes de duas linhagens (Cobb 500 e Ross) e dois sexos (macho e fêmea). As aves depenadas e refrigeradas foram encaminhadas ao Morpholab que pertence ao departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da UNESP-FCAV. As carcaças foram avaliadas quanto à densidade mineral óssea e conteúdo mineral ósseo pelo equipamento de absorciometria de dupla energia (DXA). Em seguida, o fêmur e a tíbia de cada carcaça foram dissecados, pesados e avaliados quanto ao comprimento e perímetros da epífise proximal, diáfise e epífise distal. Os resultados da presente pesquisa demonstraram que a densidade mineral óssea é reduzida em aves desuniformes e caquéticas têm menor conteúdo mineral ósseo em comparação com os outros grupos. Os ossos longos do membro pélvico apresentam variações morfológicas sítio-específicas em diferentes tipos conformacionais de frangos de corte. Sugere-se que estudos posteriores sobre proporção de tecido ósseo compacto e esponjoso de aves padrão, desuniformes e caquéticas sejam realizados com objetivo de compreender os efeitos da perda óssea influenciando na saúde do animal nestes tipos de carcaças.

Palavras-chave: ossos longos, DXA, macroscopia, aves.

ABSTRACT

As bone tissue is dynamic and sensitive to changes in body pattern, broiler chickens are an example in which nutritional imbalances, rapid growth and rearing conditions can compromise bone health. Considering the importance of adequate body typing to reduce condemnations in slaughterhouses, this study was proposed with the objective of analyzing bone mineral density and bone mineral content as well as the macroscopic aspects of the femur and tibia of broilers of different body types from slaughterhouses. inspected by the Federal Inspection Service. For this, a total of 48 bird carcasses were distributed into three groups: standard (n=16), broilers that had ideal body weight and muscle coverage, non-uniform (n=16) had an average body weight lower than the standard group and lower coverage cachectic pectoral muscle (n=16), with reduced weight and size, with muscular atrophy and prominence of the sternum. Broiler chickens came from two lines (Cobb 500 and Ross) and two sexes (male and female). The plucked and refrigerated birds were sent to Morpholab, which belongs to the Animal Morphology and Physiology department at UNESP-FCAV. The carcasses were evaluated for bone mineral density and bone mineral content using dual energy absorptiometry (DXA) equipment. Then, the femur and tibia of each carcass were dissected, weighed and evaluated for the length and perimeters of the proximal epiphysis, diaphysis and distal epiphysis. The results of the present research demonstrated that bone mineral density is reduced in uneven broilers and cachectic broilers have lower bone mineral content compared to other groups. The long bones of the pelvic limb present site-specific morphological variations in different conformational types of broiler chickens. It is suggested that further studies on the proportion of compact and spongy bone tissue in standard, non-uniform and cachectic broilers be carried out with the aim of understanding the effects of bone loss influencing the health of the animal in these types of carcasses.

Keywords: long bones, DXA, macroscopy, broilers.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de frango de corte mundial. De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2021) foram obtidas cerca de 13,845 milhões de toneladas de carne de frango em 2020. Nos anos seguintes, o país permaneceu neste mesmo patamar com uma produção de 14.329 milhões de toneladas em 2021 e 14.524 milhões de toneladas em 2022 (ABPA, 2022). Ao mesmo tempo em que viabilidade de mercado e sustentabilidade são preocupações da agropecuária, é importante considerar a interação animal e o ambiente para alcançar maior produtividade na avicultura (Oliveira *et al.*, 2014). Também é crescente a exigência dos consumidores em relação à produção de alimentos seguros, com qualidade e com a garantia de saúde animal. Apesar de ocupar posição de destaque na avicultura mundial, falhas relacionadas à qualidade das carcaças e grande número de condenações resultam em expressivas perdas econômicas para o segmento no Brasil (Oliveira, Sampaio, Pereira, 2021).

Ambiente desfavorável, dentre outros fatores, pode ocasionar a condenação de carcaças de frangos de corte. De acordo com a portaria nº 210 (Brasil, 1998), que trata do regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves, as condenações de carcaças podem acontecer nos casos de: lesões, tumores, inflamações, abscessos, aerossaculite, repugnância visual, contusão e fraturas, dermatoses, escaldagem excessiva, retardo de evisceração, sangria inadequada, magreza, septicemia, síndrome ascítica e caquexia.

Fatores relacionados à granja, à ave, ao transporte e ao abatedouro afetam o processo de condenação em frangos de corte. Entretanto, há poucas informações que identifiquem e quantifiquem as condenações de carcaças de aves em abatedouros. A diferença entre taxas e causas da condenação destacam a necessidade de conduzir estudos epidemiológicos para melhorar a condição sanitária das aves (Lupo *et al.*, 2010). É evidente a lacuna na literatura sobre esse assunto, uma vez que nas últimas décadas foram realizados apenas cerca de 30 estudos em todo o mundo (Salines *et al.*, 2017).

À medida que as pesquisas avançam no campo do melhoramento genético da avicultura, tem sido possível criar linhagens de crescimento rápido, cada vez mais precoces e com desenvolvimento muscular aprimorado. Contudo, o processo do tecido ósseo não tem seguido o mesmo ritmo desses avanços, o que ocasiona aumento na ocorrência de dificuldades nas pernas e fragilidade óssea (Oliveira, 2006).

1.1 Constituição óssea

Segundo Judas *et al.* (2012), o tecido ósseo é um tipo especial de tecido conjuntivo composto por células e uma matriz extracelular calcificada. Sua característica distintiva é a capacidade de mineralizar, conferindo-lhe solidez, característica essencial para funções de suporte e proteção. Ao mesmo tempo, a matriz colágena que se deposita entre os cristais de hidroxiapatita oferece flexibilidade, o que contribui para que o tecido ósseo tenha capacidade de se estender.

Indicado como primário, o tecido ósseo inicial que possui disposição irregular, não organizada das fibras colágenas e menor quantidade de cristais de hidroxiapatita. Essa organização óssea está presente no feto, no calo ósseo, nas osteomielites, nos tumores ósseos e na doença óssea de Paget. Quando o tecido está disposto em fibras colágenas dispostas em lamelas paralelas ou concêntricas em torno dos canais de Harvers, é classificado também como secundário ou maduro, formando osso compacto ou esponjoso. Nos processos de formação, reabsorção, manutenção e remodelação óssea, participam tipos celulares distintos: osteoblastos, osteócitos e osteoclastos (Andia *et al.*, 2013).

Os osteoblastos, são células cuboides distribuídas ao longo da superfície óssea, que compõem aproximadamente 4-6% do total de células residentes no osso, sintetizam e regulam a mineralização da matriz orgânica do tecido ósseo. Ao assumir uma configuração polarizada, os osteoblastos liberam o osteóide em direção à matriz óssea. Estas células exibem características morfológicas típicas de células sintetizadoras de proteínas, tais como um retículo endoplasmático

rugoso abundante, um aparelho de Golgi proeminente, e diversas vesículas secretoras (Florencio-Silva *et al.*, 2015).

As células mais abundantes que compõem cerca de 90-95% do tecido ósseo, os osteócitos, vivem por até 25 anos (Florencio-Silva *et al.*, 2015). São células de forma elíptica, de dimensões menores em comparação aos osteoblastos, caracterizadas por diversos prolongamentos citoplasmáticos que se encontram dentro de pequenos canais denominados canalículos ósseos. Esses prolongamentos citoplasmáticos se estendem em direção aos de outros osteócitos vizinhos, assim como aos dos osteoblastos e células de revestimento ósseo do endóstio e perióstio, estabelecendo junções do tipo gap entre essas células. As conexões do tipo gap entre os prolongamentos dos osteócitos e entre os prolongamentos dos osteoblastos possibilitam que mesmo os osteócitos localizados nas partes mais profundas do osso possam reagir a modificações sistêmicas, assim como às alterações na superfície óssea (Andia *et al.*, 2013).

Os osteoclastos constituem células multinucleadas com diferenciação terminal, que, quando agem em conjunto, desencadeiam a ativação de fatores de transcrição e o ligante RANK. Este último é secretado por osteoblastos, osteócitos e células estromais. Vale ressaltar que os osteoclastos têm origem em células mononucleares da linhagem hematopoiética, sendo influenciados por diversos fatores, como a estimulação de colônias de macrófagos, o qual é secretado por células mesenquimais osteoprogenitoras e osteoblastos (Florencio-Silva *et al.*, 2015).

Este tipo celular é responsável pela reabsorção óssea, promovendo escavações na superfície óssea denominadas lacunas de Howship. Próxima à superfície óssea, a membrana celular dos osteoclastos apresenta inúmeras invaginações, formando uma borda em escova. Na periferia dessa borda, há uma região citoplasmática semelhante a uma faixa, diretamente apoiada na matriz óssea, denominada zona clara. Esta área, desprovida de organelas e rica em actina e miosina, mantém uma aderência íntima à superfície óssea. Assim, a zona clara parece desempenhar um papel crucial na adesão do osteoclasto à superfície óssea,

delineando a borda em escova, onde ocorre tanto a desmineralização quanto a degradação da matriz do tecido ósseo (Andia *et al.*, 2013).

A matriz óssea, uma estrutura complexa e organizada, desempenha um papel fundamental ao proporcionar suporte mecânico e contribuir significativamente para a homeostase óssea. em sua composição há componentes como proteínas colágenas, predominantemente colágeno tipo i e proteínas não colágenas, incluindo osteocalcina, osteonectina, osteopontina e componentes inorgânicos como ions de fosfato e cálcio, bicarbonato, sódio e potássio e outros. além disso, tem a capacidade de liberar diversas moléculas que influenciam a atividade das células ósseas, desempenhando assim um papel essencial na remodelação óssea. enquanto a perda isolada de massa óssea não é suficiente para desencadear fraturas, sugere-se que outros fatores, como modificações nas proteínas da matriz óssea, desempenham um papel crucial na compreensão e prevenção de fraturas ósseas. de fato, é reconhecido que o colágeno exerce um papel crítico na estrutura e função do tecido ósseo (Florencio-Silva *et al.*, 2015).

Em várias ocasiões, este tecido precisa alterar sua estrutura e forma. Seja para que um osso primário atinja a maturidade, para que um osso cresça mantendo sua forma, para que um osso esponjoso se transforme em compacto, ou para se adaptar a novas situações fisiológicas ou patológicas, o osso está em constante remodelação. Esse processo envolve reabsorção e deposição de matriz óssea, as quais estão intimamente associadas e são determinadas pela atividade dos osteoblastos e osteoclastos, sob a influência do sistema imunológico do organismo. Quando esses processos se desequilibram, ocorrem reabsorções patológicas que podem provocar mudanças significativas no desenvolvimento (Andia *et al.*, 2013).

Para acompanhar doenças que afetam a mineralização óssea e a variação de massa óssea é fundamental realizar análise da densidade mineral óssea (DMO), uma vez que é o resultado de um processo dinâmico de formação e reabsorção do tecido ósseo denominado remodelação.

1.2. Morfologia óssea das aves

Pertencente ao grupo de aves galiformes o frango está presente em todos os continentes do globo, majoritariamente criado para consumo. Embora o maior valor agregado da carcaça de frango esteja associado à musculatura, é fundamental que seja observada a estrutura óssea (Figura 1) que sustenta e auxilia os músculos durante o voo das aves. A redução no número de ossos e na densidade óssea, a ausência de matriz óssea interna e a presença de sacos aéreos conferem leveza à estrutura esquelética (Tully, 2009; Arent, 2010).

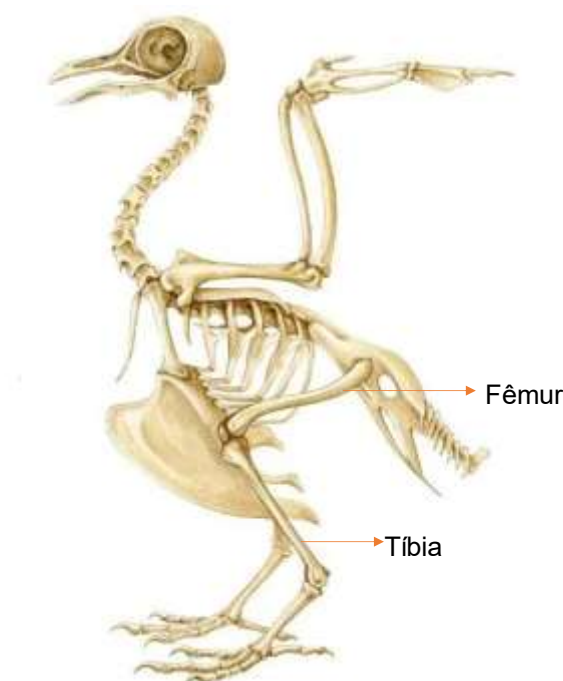


Figura 1. Ilustração realista do esqueleto de uma ave. Fonte: Banco de imagens Adobe Stock

O osso da perna nas aves, o fêmur (figura 3) possui uma forma cilíndrica levemente curvada. Ao observar as extremidades percebe-se que na porção proximal há uma cabeça com colo bem definido, que se articula no acetábulo, além de um trocanter maior para a inserção dos músculos glúteos. Na porção distal, há dois côndilos, um medial para a articulação com a tíbia e um lateral para a articulação com a fíbula. Além disso, o fêmur possui uma tróclea cranial, sobre a qual a patela desliza (Romão, 2011).

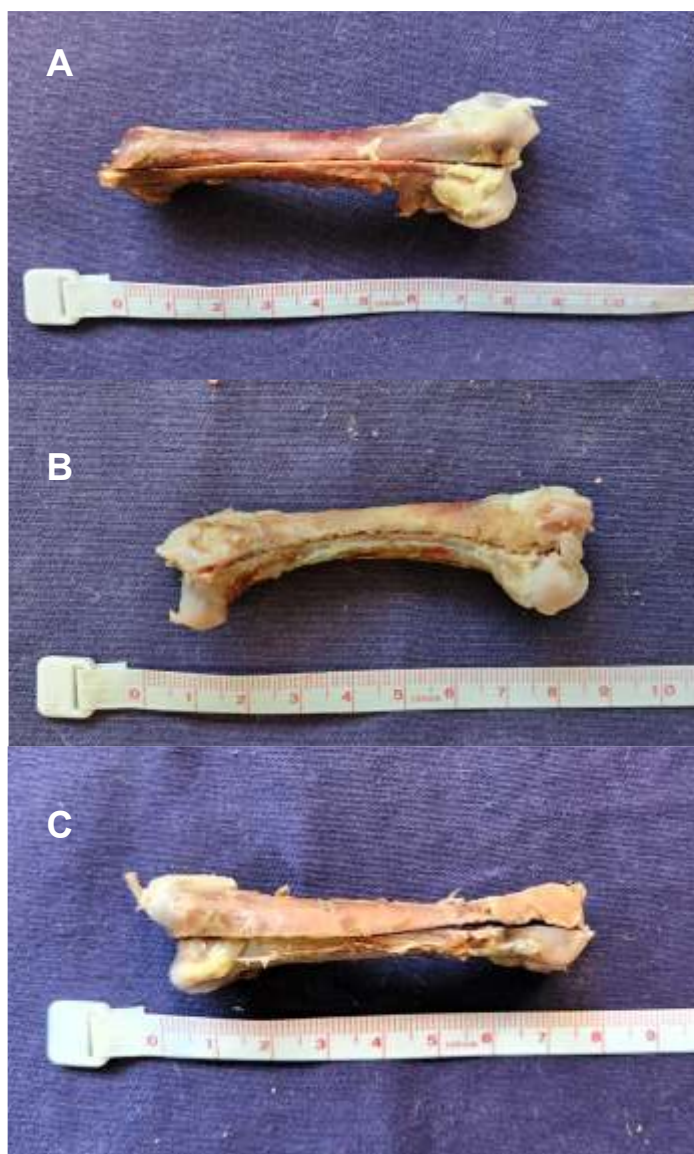


Figura 2. Ossos do fêmur de frangos de corte, (A) frango de corte padrão; (B) frango de corte desuniforme; (C) frango de corte caquético. Fonte: Morpholab,2022.

A tíbia (figura 3) é o osso mais longo da perna da ave e possui orientação ventro-caudal. Em sua face lateral há uma crista para inserção da fíbula, a qual não atinge a extremidade distal. A porção distal exibe dois côndilos para articular com o metatarso, e nesta área estão ligados os ossos da fileira proximal do tarso, o que justifica a utilização do termo "tibiotalarso" para referir-se a essa região. Essa formação óssea também se une aos ossos do metatarso, formando o tarso-metatarso (Romão, 2011).



Figura 3. Ossos do tíbia de frangos de corte: (A) frango de corte padrão; (B) frango de corte desuniforme; (C) frango de corte caquético. Fonte: Morpholab, 2022.

1.3. Aspectos do fêmur e da tíbia de frangos de corte de linhagem Cobb e Ross

As características morfológicas e a estrutura interna dos ossos devem assegurar um contrapeso ideal contra as forças relacionadas à função de suporte e locomoção do esqueleto, não apenas em aves, mas também em outras espécies animais (Suchý *et al.*, 2009). As condições que afetam o tecido ósseo em frangos

de corte têm causado diminuição na produtividade devido ao aumento nas condenações de carcaças nos abatedouros (Alves *et al.*, 2013).

Atualmente, duas linhagens de frangos de corte, Cobb e Ross, se destacam de formas notável. Avisando avaliar o desempenho dessas linhagens diversas pesquisas foram realizadas, revelando resultados variados. Em alguns estudos, a linhagem Cobb demonstrou desempenho superior, enquanto em outros, a linhagem Ross mostrou-se mais eficiente. Houve também casos em que não foram observadas diferenças significativas no desempenho entre ambas as linhagens (Nowicki, 2011).

Amadori (2015), em seu trabalho que observava os distúrbios locomotores e a qualidade óssea em frangos de corte em linhagens Cobb 500 e Ross 308, percebeu que fêmeas das duas linhagens apresentaram melhor locomoção que machos, no entanto os ossos dos machos foram mais resistentes que de fêmeas. Mas não houve diferenças significativas em relação as linhagens.

No estudo de Guevara-Torres *et al.* (2021), que comparou os principais problemas locomotores em frangos de corte das linhagens Cobb e Ross, e observou que os problemas locomotores aumentaram à medida que as aves ganhavam peso. Frangos machos tiveram mais problemas do que as fêmeas, e a linhagem Cobb tiveram ocorrências do que a Linhagem Ross.

Tatara *et al.* (2005), abordou que em frangos de corte, a tíbia possui resistência superior quando comparada com o fêmur, por conta das disparidades em propriedades mecânicas e geometrias, acredita-se que ela seja mais apropriada para fins de pesquisa. No entanto, ela percebeu que neste experimento, os níveis de resistência óssea nos fêmures foram superiores.

No estudo conduzido por Harash *et al.* (2020), que investigava o crescimento do tibiotarso em linhagens de frangos Lohmann Dual (LD) e Ross 308 (Ross), mostrou que os frangos LD, mesmo sendo mais leves, apresentavam tibiotarsos mais curtos, mais finos e mais leves em comparação com os frangos Ross. Adicionalmente, o tibiotarso das galinhas LD, apesar de ser mais longo, mais pesado e mais largo do que o das galinhas Ross com peso corporal equivalente, demonstrou uma rigidez superior. Estes resultados indicam que o tibiotarso das galinhas LD possui uma maior resistência à flexão quando comparado ao das galinhas Ross com o mesmo peso corporal. Portanto, o processo de engorda de

frangos LD até atingirem o peso comercial não parece afetar negativamente a estabilidade do esqueleto das pernas.

Ao comparar parâmetros morfométricos de outros animais de produção, observou-se no estudo de Konell (2016), que a densidade óssea em codornas aumentou conforme aumentaram de comprimento os ossos úmero, ulna, fêmur e tibiotarso, demonstrando, por meio do coeficiente de correlação, que o úmero está associado ao aumento da densidade óssea, seguido pelo tibiotarso e fêmur.

No estudo de Duggan *et al.* (2015), compararam a morfologia dos membros pélvicos de frangos de corte, galinhas poedeiras, patos Pekin e patos selvagens e verificou que o comprimento do fêmur foi significativamente menor na galinha poedeira e no pato selvagem. O comprimento femoral dos frangos de corte aumentou à medida que a massa corporal crescia. Além disso, observaram que o comprimento do tibiotarso varia de forma diferente em ambas as espécies. Destacam-se que os ossos das pernas de todas as linhagens de pato Pekin e pato selvagem passam por um desenvolvimento inicial rápido e semelhante, mas que se estabiliza na 5ª semana de idade, contrastando com as linhagens de frango que continuam a crescer.

No estudo de Duggan *et al.* (2015), as diferenças no conteúdo mineral ósseo não explicaram as alterações mecânicas presentes em cada ave, uma vez que todas as linhagens apresentaram aumento na mineralização do tibiotarso médio-diafisário até as 5 semanas de vida, seguido por estabilização na taxa de mineralização.

1.4. Classificação de carcaças de frango de corte

Em busca de maior qualidade de produção, em sistemas de avaliação em abatedouros, são frequentemente utilizados critérios visuais ou estéticos em frangos de corte, como conformação, presença de hemorragias, ruptura da pele, ossos fraturados e ausência de partes. Aspectos sanitários, de manejo, e ocorrências durante o abate e processamento são os principais motivos para o descarte em abatedouro (Mendes, 2001).

Segundo o Manual de procedimentos de inspeção e fiscalização de aves e derivados em estabelecimentos sob inspeção federal (SIF), a inspeção e

fiscalização em estabelecimentos de aves e derivados deve abranger a inspeção *ante e post mortem* dos animais de abate sendo realizada em caráter permanente em atendimento ao art. 11 do Decreto nº 9.013, de 2017.

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), aves enfraquecidas devem ser rejeitadas se a condição for resultante de processo patológico, e podem ter aproveitamento condicional na produção de linguiças, salsicharia, nuggets em que se utilizam partes da carne do frango livres de doenças. Também são condenadas carcaças de aves magras que apresentem lesões extensas em qualquer parte (Brasil, 2020). Segundo regulamento do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAPA), as carcaças ou partes de carcaças que estiverem contaminadas por excretas e/ou bile durante a evisceração ou qualquer outra forma, se não for possível a limpeza completa, devem ser condenadas. Parte de carcaças, órgãos ou qualquer outra parte comestível que estejam contaminados por contato com os pisos ou equipamentos, caso não seja possível a limpeza total e que não garanta a inocuidade do produto de modo a preservar a saúde dos consumidores, também devem ser condenados (Brasil, 2017).

Por sua vez, Oliveira *et al.* (2021), em sua pesquisa sobre carcaças de frangos de corte em frigoríficos sob o Serviço de Inspeção Federal no Paraná, verificaram que as principais causas de condenação total registradas foram relacionadas ao aspecto repugnante (28,7%) dos casos.

Segundo o Manual de procedimentos de inspeção e fiscalização de aves e derivados em estabelecimentos sob inspeção federal, aspecto repugnante compreende alterações de cor, forma e odor, que não tenham outro enquadramento específico mais apropriado ou causa identificável, mas que pela sua aparência causem repugnância. Paschoal *et al.* (2012) também relataram o aspecto repugnante como a causa prevalente de condenação (47,33%) representando 0,17% das 16.684.646 aves abatidas, resultante, sobretudo, do manejo inadequado desses frangos.

O crescimento acelerado exige maior ingestão de alimentos. Por isso, o manejo adequado dos comedouros e bebedouros é fundamental para a produção. No entanto, avicultura sob alta densidade direciona para maior competição por espaço no recinto e para alimentação podendo causar problemas no desenvolvimento, e consequentemente, a condenação devido ao manejo. Animais com mau desenvolvimento, caquexia, que apresentam desuniformidade, calo de peito, dermatite e hematomas, fraturas e lesões cutâneas são condenados por estarem inadequados à classificação do mercado e da legislação (Mendes; Komiyama, 2011).

Buscando identificar a fase que causa o maior prejuízo no processo de abate, Muchon *et al.* (2019) concluíram que as maiores condenações ocorrem após o jejum pré-abate dos frangos, demonstrando como manejos e recomendações técnicas antes do abate não são bem executados. Portanto, é necessário maior investimento em tecnologia e mão de obra qualificada para mitigar essas perdas.

2. OBJETIVO

Avaliar a densidade mineral, conteúdo mineral ósseo e a morfometria dos ossos longos de carcaças de frangos de corte padrão, desuniforme e caquéticos para caracterizar morfologicamente essas carcaças, e verificar possível aproveitamento de aves desuniformes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Ethical approval

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP / Campus de Jaboticabal), Protocolo N°.3689/21.

3.2. Caracterização experimental e classificação e seleção das aves

Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados 48 frangos de corte depenados, machos e fêmeas, em um pool de frangos de corte das linhagens Ross 500 e Cobb, abatidos aos 42 dias de idade adquiridos de um abatedouro comercial, no estado de São Paulo, Brasil. As aves abatidas foram classificadas pelo abatedouro em grupos de acordo com o perfil muscular e pesagem, após passarem pelo processo de depenação. Foram classificadas em três grupos: Padrão (n=16) (peso corporal e cobertura muscular ideais, Desuniforme (n=16) (peso corporal médio inferior ao grupo padrão e menor cobertura muscular peitoral e Caquético (n=16) (tamanho e peso reduzidos, atrofia muscular e proeminência do esterno) (Figura 4).

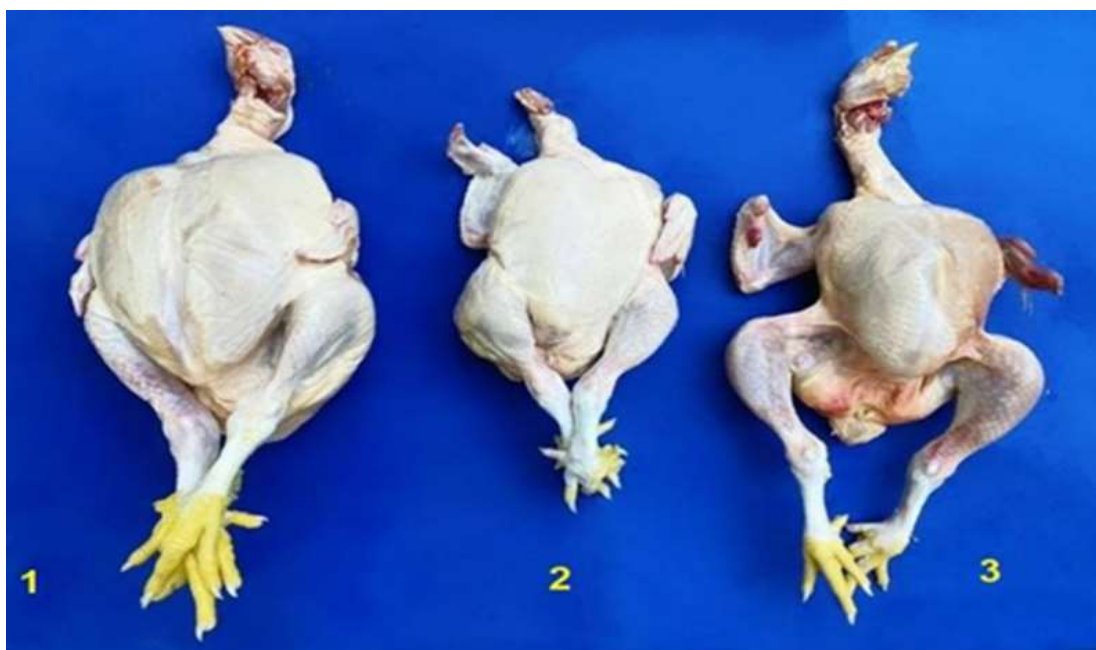


Figura 4. Imagem fotográfica de carcaças de frangos adultos abatidos e depenados. A: carcaça padrão (1); B: carcaça desuniforme (2); C: carcaça caquética (3). Fonte: Morpholab, 2022.

Posteriormente, as aves sem penas foram acondicionadas em caixas térmicas refrigeradas e transportadas até o Laboratório de Densitometria Óssea e Análise Corporal, localizado no Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, para a realização da análise de densidade mineral óssea total e da composição corporal. Para isto, as aves depenadas foram pesadas e mensuradas individualmente com fita métrica

comum milimetrada e, em seguida, escaneadas pelo equipamento de absorciometria de dupla energia (DXA), Hologic, W.i. para obtenção dos valores de densidade mineral óssea (DMO) (g/cm^2), conteúdo mineral ósseo (CMO) (g), massa magra (%) e gordura corporal (g) (Figura 5).

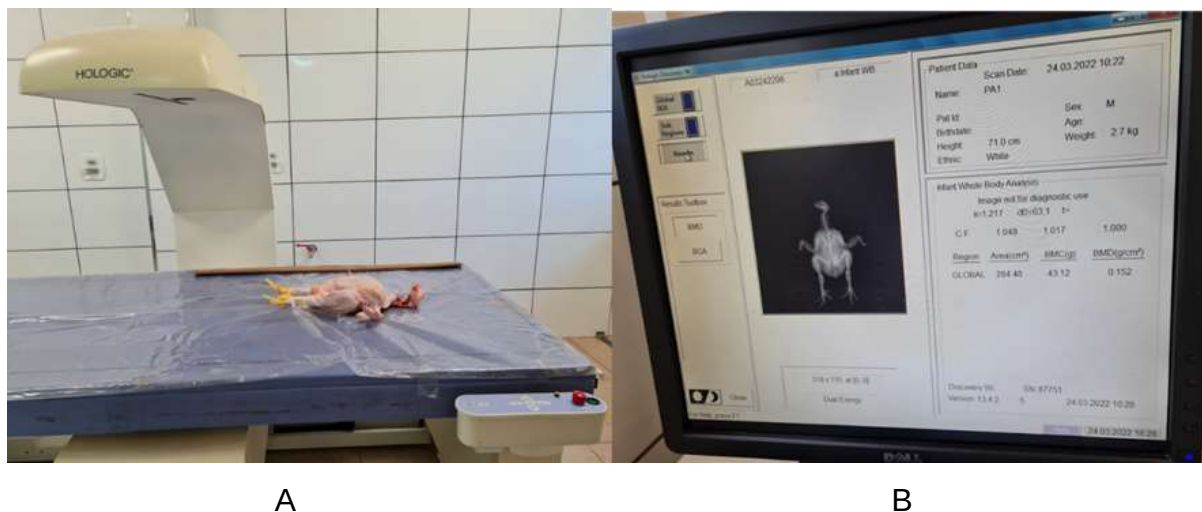


Figura 5. A: Imagem fotográfica de ave depenada no equipamento DXA, Hologic, Dscovery S.I. A: frango padrão; B: Laudo obtido no software small animal após escaneamento de corpo total.
Fonte: Morpholab, 2022.

Após análise pelo DXA, as aves foram individualmente dissecadas para análise dos órgãos internos, músculos e ossos. Quanto à análise óssea, o fêmur e a tíbia de cada carcaça foram dissecados, pesados e avaliados quanto ao comprimento e peso. Além disso, foram avaliados quanto ao comprimento e perímetros da epífise proximal, diáfise e epífise distal (respeitando os contornos) dos respectivos ossos dos membros pélvicos direito das aves dos diferentes grupos.

3.3. Análise estatística

Em relação à análise estatística, a consistência dos dados e a análise de variância (ANOVA) foram realizadas com o software R e as médias dos resultados obtidos foram comparadas pelo teste LSD (Diferença Mínima Significante). Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas em que p foi inferior a 5% ($p < 0,05$). Os valores obtidos durante o experimento foram expressos por médias aritméticas com seus respectivos desvios-padrões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, o grupo padrão apresentou os maiores valores de DMO, diferindo dos grupos desuniforme e caquético ($P \leq 0,05$), que apresentaram valores similares ($P \geq 0,05$). Para CMO, observou-se diferença entre os três grupos ($P \leq 0,05$), sendo o maior valor para o padrão (40,16g) e o menor, para o grupo caquético (22,80g). Verifica-se, portanto, que o esqueleto de aves deprimidas do grupo padrão era mais denso e, provavelmente de maior área e espessura ósseas, refletindo em maior CMO em relação aos outros grupos. O osso é um tecido dinâmico que sofre processos fisiológicos de formação e reabsorção com fases finamente reguladas por fatores locais ou sistêmicos que medeiam as ligações entre osteoblastos, osteócitos e osteoclastos para manter a homeostase (Kim e Koh, 2019). Desta forma, sugere-se que esses processos possam estar desbalanceados em aves desuniformes e caquéticas, refletindo em perda de densidade e conteúdo mineral ósseo, e, conseqüentemente, menor qualidade óssea.

Com relação à massa magra e gordura corporal, houve diferença significativa entre os grupos ($P \leq 0,05$). O grupo padrão apresentou a maior quantidade de massa magra e de gordura corporal em relação aos outros grupos, sendo que o desuniforme e o caquético também diferiram ($P \leq 0,05$). Lee, *et al.* (2007) observaram que camundongos que sofreram depleção do gene que expressa osteocalcina nos osteoblastos apresentam diminuição da proliferação de células β , intolerância à glicose e resistência à insulina. Desta forma, concluíram que o esqueleto exerce um papel neuroendócrino, controlando o metabolismo energético do organismo. Assim, os resultados do presente estudo sugerem que a perda de massa magra e gordura corporal nas aves desuniformes e caquéticas poderia estar relacionada com menor qualidade óssea nestes grupos de aves, provavelmente devido à menor população de osteoblastos e redução de quantidade de osteocalcina, que age como hormônio, controlando o metabolismo energético em mamíferos (Lee *et al.*, 2007).

Tabela 1: Análise da densidade mineral óssea (DMO), conteúdo mineral ósseo (CMO), massa magra e gordura corporal de carcaças de frangos de corte de carcaças do tipo padrão, desuniforme ou caquético.

Grupo (N=16)	DMO g/cm ²	CMO (g)	Massa magra (g)	Gordura corporal (g)
Padrão	0,13 ^a	40,16 ^a	2486,99 ^a	590,14 ^a
Desuniforme	0,12 ^b	27,62 ^b	1568,29 ^b	369,06 ^b
Caquético	0,12 ^b	22,80 ^c	1152,13 ^c	262,80 ^c
Valor de P	0.02 *	2.071***	2.2e-***	1.449
CV	10,45	19,22	16,44	24,25

Médias com letras distintas nas colunas são significativas no nível de $P \leq 0,05$ pelo teste least significant difference. (LSD); Densidade Mineral Óssea (DMO); Conteúdo Mineral Ósseo (CMO); Coeficiente de Variação (CV).

Ao analisar parâmetros morfométricos, o grupo padrão apresentou maior valor de peso do fêmur, sendo diferente ($P \leq 0,05$) dos grupos desuniforme e caquético. O comprimento (C) (cm) do fêmur apresentou diferença ($P \leq 0,05$) entre os três grupos. Para a tíbia, os grupos desuniforme e caquético não apresentaram diferença significativa ($P \geq 0,05$), contrastando com o grupo padrão, que mostrou valores maiores para peso (P) (g) e C, respectivamente (Tabela 2).

Os resultados na Tabela 2 demonstraram diferença significativa ($P \leq 0,05$) no peso do fêmur entre o grupo padrão e o caquético, enquanto o grupo desuniforme não apresentou diferenças significativas em relação a ambos ($P \geq 0,05$). O comprimento do fêmur foi notavelmente maior no grupo padrão em comparação com os outros grupos ($P \leq 0,05$). Da mesma forma, os diâmetros da epífise proximal, da diáfise e da epífise distal do fêmur seguiram padrão semelhante ao

comprimento, com o grupo padrão exibindo valores médios significativamente maiores ($P \leq 0,05$) em comparação com os demais, que não apresentaram diferenças significativas entre si ($P \geq 0,05$).

Quanto ao peso médio, comprimento e diâmetro da epífise proximal da tíbia, o grupo padrão também mostrou diferenças significativas em relação aos outros grupos ($P \leq 0,05$), enquanto os demais não apresentaram diferenças estatísticas entre si ($P \geq 0,05$). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($P \geq 0,05$) no diâmetro da diáfise da tíbia entre os grupos. A epífise distal da tíbia, no entanto, difere significativamente entre os três grupos, sendo maior no grupo padrão e menor no grupo com desenvolvimento desuniforme (Tabela 2).

De acordo com Applegate e Lilburn (2002), foram observadas disparidades nos padrões de desenvolvimento do fêmur e da tíbia em frangos durante o período de crescimento, próximas a diáfise. Evidenciou-se que o fêmur é mais sensível a alterações morfológicas em comparação com a tíbia, devido à sua responsabilidade primária na sustentação do corpo. Mudanças na conformação e peso corporal cada vez maior em um esqueleto fisicamente menos maduro apresentam o maior desafio para minimizar anomalias esqueléticas em frangos de corte moderno.

Tabela 2: Análise macroscópica do fêmur e da tíbia de carcaças de frango de corte do tipo padrão, desuniforme e caquético.

GRUPO (N=16)	Fêmur					Tíbia				
	PF(g)	CF(cm)	DEPF(cm)	DDF(cm)	DDF(cm)	PT(g)	CT(cm)	DEPT(cm)	DDT(cm)	DEDT(cm)
Padrão (P)	14,98 ^a	8,13 ^a	7,39 ^a	3,58 ^a	8,11 ^a	23,54 ^a	11,88 ^a	8,93 ^a	3,23	8,14 ^a
Desuniforme	13,34 ^{ab}	7,50 ^b	6,52 ^b	3,24 ^b	7,02 ^b	18,53 ^b	10,19 ^b	7,58 ^b	2,92	6,82 ^c
Caquético	12,07 ^b	7,03 ^c	6,44 ^b	3,31 ^b	6,81 ^b	17,69 ^b	9,90 ^b	7,72 ^b	2,99	7,28 ^b
Valor de P	0.011*	0.0112*	2.895***	0.017*	0.002**	4.107***	0.0006***	6.003***	0.190	8.099***
CV	18,72	18,72	6,68	9,30	11,03	9,92	20,41	9,34	14,71	7,22

Médias com letras distintas nas colunas são significativas no nível de $P \leq 0,05$ pelo teste least significant difference (LSD). Coeficiente de Variação (CV). Padrão (P), Desuniforme (D) e Caquético (C). Peso do fêmur (PF); Comprimento do fêmur (CF), Diâmetro da epífise proximal do fêmur (DEPF); Diâmetro da diáfise do fêmur (DDF); Diâmetro da epífise distal do fêmur (DEDF); Peso da tíbia (PT); Comprimento da tíbia (CT), Diâmetro da epífise proximal da tíbia (DEPT); Diâmetro da diáfise da tíbia (DDT); Diâmetro da epífise distal da tíbia (DEDT).

Categorizar os grupos de frango de corte: padrões, desuniforme e caquético, quanto a parâmetros morfométricos dos ossos longos, é essencial para identificar as principais características dos grupos e analisar suas variações. O crescimento dos ossos da tíbia e fêmur em frangos de corte é um processo complexo e essencial, fundamental para garantir uma estrutura esquelética adequada ao rápido desenvolvimento dessas aves. Assim é possível destacar se o grupo desuniforme possui mais diferenças significativas com o grupo padrão, de maior valor comercial, ou ao grupo caquético, mais propensos ao descarte. Por isso, é preciso atenção quanto à genética, nutrição e manejo é essencial para otimizar o desempenho e o bem-estar dessas aves.

5. CONCLUSÃO

Os resultados da presente pesquisa demonstraram que a densidade mineral óssea é reduzida em lotes de aves depenadas desuniformes, com menor conteúdo mineral ósseo em aves caquéticas em comparação com os outros grupos. Os ossos longos do membro pélvico apresentam variações morfológicas sítio-específicas em diferentes tipos conformacionais de frangos de corte. Sugere-se com esta pesquisa, que estudos posteriores sobre proporção de tecido ósseo compacto e esponjoso de aves padrão, desuniformes e caquéticas sejam realizados com objetivo de compreender os efeitos da perda óssea nestes tipos de carcaças.

6. REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2021**. Disponível em:<https://abpabr.org/wpcontent/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2021_portugues_web.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2021.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2023**. Disponível em:<<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorio-anual-2022.pdf>>. Acesso em 12 dez. 2023.

ADOBE STOCKE. Bird skeleton realistic illustration. Bird body unner anatomy structure for studying. Pigeon skeleton with all bonés Science image. White background. 517030678, **Adobe Stocke**. Disponível: <<https://stock.adobe.com/es/images/bird-skeleton-realistic-illustration-bird-body-inner-anatomy-structure-for-studying-pigeon-skeleton-with-all-bones-science-image-white-background/517030678>>. Acesso em: 12 dez, 2023.

ALVES M.C.F.; ALMEIDA PAZ I.C.L.; CALDARA F.R.; NÄÄS I.A.; GARCIA R.G., SENO L.O.; BALDO A.A., AMADORI M.S. Equilibrium condition and locomotion problems in broilers. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 7, n. 1, p. 35, 2013.

Amadori, M. S. Gait score, qualidade óssea e bem-estar em frangos de corte. Dissertação (Mestrado). **Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados**, 2015.

ANDIA, D. C.; CERRI, P. S.; SPOLIDORIO, L. C. Tecido ósseo: aspectos morfológicos e histofisiológicos. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 35, n. 2, p. 191-198, 2013.

APPLEGATE, T. J.; LILBURN, M. S. Growth of the femur and tibia of a commercial broiler line. **Poultry Science**, v. 81, n. 9, p. 1289-1294, 2002.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento - MAPA. Portaria DAS - 210 de 10 de novembro de 1998: Aprova técnico da inspeção tecnológica e higiênico sanitária de carne de aves. **Diário Oficial da República Federativa do**

Brasil,

Brasília.

Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-sda-210-de-10-11-1998,689.html>> Acesso em: 18 dez, 2023.

BRASIL. **Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017** – atualizado pelo decreto 10.468 de 18 de agosto de 2020. Regulamento de Inspeção. Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. Brasília: SDA, 2020.

CADORE, E. L.; BRENTANO, M. A.; KRUEL, L. F. M. Efeitos da atividade física na densidade mineral óssea e na remodelação do tecido ósseo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 373-379, 2005.

DUGGAN, B. M.; HOCKING, P. M.; SCHWARZ, T.; & CLEMENTS, D. N. Diferenças na morfologia dos membros posteriores de patos e galinhas: efeitos da domesticação e seleção. **Evolução da seleção genética**, v. 47, p. 1-13, 2015

FLORENCIO-SILVA, R.; SASSO, G. R. D. S.; SASSO-CERRI, E.; SIMÕES, M. J., & CERRI, P. S. Biology of bone tissue: structure, function, and factors that influence bone cells. **BioMed research international**, v. 2015, 2015.

FLORENCIO-SILVA, R.; SASSO, G. R. D. S.; SASSO-CERRI, E.; SIMÕES, M. J., & CERRI, P. S., Biology of Bone Tissue: Structure, Function, and Factors That Influence Bone Cells, **BioMed Research International**, vol. 2015, p.17 , 2015.

GREGORY, N.G.; ROBINS, J.K. A body condition scoring system for layers hens. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.41, n.1, p. 555-559, 1998.

GUEVARA-TORRES, B. L.; LANDIN-GRANDVALLET, L. A.; TIRADO-MADRID, A.; & VILLAGÓMEZ-CORTÉS, J. A. Comparison of Locomotion Problems and Its Economic Impact on Cobb and Ross Broiler Strains. **Veterinary Science Research**. V.03. 40, 2021.

Harash, G., Richardson, K. C., Alshamy, Z., Hünigen, H., Hafez, HM, Plendl, J., & Al Masri, S. Morfometria básica, tomografia microcomputadorizada e avaliação mecânica do osso tibiotársico de uma linhagem de frangos de corte e de duplo propósito. **Plos one**, v. 15, n. 3, pág. e0230070, 2020.

JUDAS, F., P.; P., Falacho, R. I., Figueiredo, H. **Estrutura e dinâmica do tecido ósseo**, 2012.

KIM, B.J.; KOH, J. M. Coupling factors involved in preserving bone balance. **Cellular and Molecular Life Science**, v. 76, p. 1243-1253, 2019.

KONELL, A. L. Contribuição ao conhecimento do esqueleto da cordona-japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) com especial atenção a densidade óssea por meio de densitometria óptica radiográfica. Dissertação de mestrado, **Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, UFPR**, Curitiba, PR, Brasil, 2016.

LEE, N.K.; SOWA, H.; HINOI, E.; FERRON, M.; A.H.N., J.D.; CONFAVREUX, C.; KARSENTY, G. Endocrine regulation of energy metabolism by the skeleton. **Cell**, v.130, n. 3, p. 456-469, 2007.

LUPO C.; BOUGEARD S.; BALAINE L; MICHEL V; PETETIN I.; COLIN P.;LEBOUQUIN S.; CHAUVIN C. Risk factors for sanitary condemnation in broiler chickens and their relative impact: application of an original multiblock approach. **Epidemiology & Infection**, v. 138, n 3, p. 364-375, 2010.

MENDES, A. A. Rendimento e qualidade da carcaça de frangos de corte. In: **Conferência Apinco De Ciência E Tecnologia Avícolas**, Campinas. Anais... Campinas: FACTA, v.3, p.79-99, 2001.

MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C.M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia/Brazilian Journal of Animal Science**, p. 352-357, 2011.

MUCHON, J. L. et al. Origin of broiler carcass condemnations. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, 2019.

OLIVEIRA, A. F. G. Estudo do padrão de crescimento ósseo em frangos de corte de diferentes grupos genéticos criados em duas densidades populacionais. Dissertação de Mestrado. **Universidade Estadual de Maringá**. 2006.

OLIVEIRA, C. D.; SAMPAIO, A. N. C. E.; PEREIRA, J. G. Principais causas de condenação de carcaças de frangos de corte em abatedouros sob inspeção federal no estado do Paraná, Brasil. **Higiene Alimentar**, p. e1037-e1037, 2021.

OLIVEIRA, D. L.; NASCIMENTO, J. W. B.; NERANDI, L.; CAMERINI, RAFAEL, C. Galinhas poedeiras criadas em gaiolas enriquecidas e ambiente controlado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.11, p.1186-1191, 2014.

PASCHOAL, EC; OTUTUMI, LK; SILVEIRA, AP. Principais causas de condenações no abate de frangos de corte de um abatedouro localizado na região noroeste do Paraná, Brasil. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia UNIPAR**; 15(2): 93–97; 2012.

ROMÃO, R. Osteologia das Aves. **Brazilian Journal of Development**. ISSN: 2525-8761. 43036. Page 13, 2011.

SALINES M., ALLAIN, V.; ROUL, H.; MAGRAS, C.; LE BOUQUIN, S. Taxas e motivos de condenação de carcaças de aves: metodologia harmonizada no matadouro. **Veterinary**, v.180, n. 21, 2017.

SUCHÝ P.; STRAKOVÁ E.; HERZIG I.; STEINHAUSER L.; KRÁLIK G.; ZAPLETAL D. Chemical composition of bone tissue in broiler chickens intended for slaughter. **Czech Journal of Animal Science**, v. 54, n. 7, p. 324-330, 2009.