

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À  
INTEGRIDADE ÓSSEA EM FRANGOS DE CORTE**

**Camila Gabrielle de Souza**

Zootecnista

JABOTICABAL . SÃO PAULO . BRASIL

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**

**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À  
INTEGRIDADE ÓSSEA EM FRANGOS DE CORTE**

**Camila Gabrielle de Souza**

Orientador: Prof. Dr. Danísio Prado Munari

Co-orientadoras: Dra. Mônica Correia Ledur

Dra. Jane de Oliveira Peixoto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias . UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal.

JABOTICABAL . SÃO PAULO . BRASIL

julho de 2013

S729p Souza, Camila Gabrielle de  
Parâmetros genéticos de características associadas à  
integridade óssea em frangos de corte/ Camila Gabrielle de Souza.  
. Jaboticabal, 2013  
iii, 30 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013

Orientador: Danísio Prado Munari

Coorientadoras: Mônica Corrêa Ledur

Jane de Oliveira Peixoto

Banca examinadora: João Ademir de Oliveira, Claudia Cristina  
Paro de Paz

Bibliografia

1. Aves. 2. Correlação Genética. 3. Herdabilidade. 4. Tíbia I.  
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e  
Veterinárias.

CDU 636.5:636.082



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À INTEGRIDADE ÓSSEA EM FRANGOS DE CORTE**

**AUTORA: CAMILA GABRIELLE DE SOUZA**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. DANÍSIO PRADO MUNARI**

**CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. JANE DE OLIVEIRA PEIXOTO**

**CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. MÔNICA CORRÊA LEDUR**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DANÍSIO PRADO MUNARI

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. JOAO ADEMIR DE OLIVEIRA

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. CLAUDIA CRISTINA FARO DE PAZ

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / Ribeirão Preto/SP

Data da realização: 29 de julho de 2013.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Camila Gabrielle de Souza** ó nascida em São Carlos, no dia 23 de março de 1985, formou-se em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Campus de Jaboticabal, em 2010. Em agosto de 2011, iniciou o mestrado em Genética e Melhoramento Animal, na mesma faculdade, sob a orientação do Prof. Dr. Danísio Prado Munari e coorientação da Dra. Mônica Correa Ledur e Dra. Jane de Oliveira Peixoto, recebendo o título de Mestre em Genética e Melhoramento Animal no dia 29 de julho de 2013.

*“Nada é bastante ao homem para quem tudo é demasiado pouco.”*

*Épicuro*

## DEDICO

**Aos meus queridos pais Maria Aparecida dos Santos Souza e Vicente Donizeti Ferreira de Souza e irmãs Nicole Cristine de Souza e Natalia Caroline de Souza por todo amor, carinho e dedicação. Sempre me apoiando e incentivando na busca pelo aprendizado.**

*õAprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende.ö*

*Leonardo da Vinci*

## AGRADECIMENTOS

A **Deus** por ter me dado a vida, sabedoria, saúde, força e fé para enfrentar todos os obstáculos.

Aos meus **pais, irmãs, avós, tias e tios** por todo amor, paciência, incentivo, apoio e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu namorado **Thiago Barbosa Camelo** pelo amor, paciência e compreensão. Obrigado por toda ajuda, incentivo e carinho. Sabe o quanto é especial e importante pra mim.

Obrigada também a sua família que me acolheu como mais uma filha.

Ao meu orientador, Prof. Dr. **Danísio Prado Munari** por toda orientação, paciência e confiança.

Às Pesquisadoras Dra. **Jane de Oliveira Peixoto** e Dra. **Mônica Corrêa Ledur** pela coorientação, colaboração, paciência, sugestões e críticas.

Aos Pesquisadores Dra. **Claudia Cristina Paro de Paz** e Prof. Dr. **João Ademir de Oliveira** – membros da banca examinadora – pelas críticas e sugestões que enriqueceram meu trabalho.

Às minhas grandes amigas e irmãs **Ro e Ana** por todo o apoio, amizade, companheirismo, cumplicidade, momentos de alegria e muitas risadas, tristeza e lágrimas.

Aos meus amigos e colegas do departamento de Ciências Exatas: **Natália, Valdecy, Giovana, Priscila, Jaqueline, Thiago, Salvador, Rodrigo, Tati, Diego, Natália, Valdecy, Gabriela, Nicole, Sabrina, Beatriz, Guilherme Bio e Guilherme Venturini, Bruno**, pelo incentivo, apoio, pelos momentos de descontração e pela ajuda profissional.



A todos os professores e funcionários do Departamento de Ciências Exatas, pela amizade, companheirismo, ajuda e incentivo.

Ao Programa Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, aos funcionários da Pós-Graduação pela atenção e ao CNPq e a CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

À EMBRAPA Suínos e Aves, Concórdia, SC, por ter cedido os dados para realização deste trabalho, em especial à **Jane de Oliveira Peixoto**, por ter me recebido e acolhido em sua casa, pelo incentivo, momentos de descontração e risadas e contribuições inúmeras a este trabalho.

A todos pesquisadores, funcionários, amigos que conquistei na Embrapa e na cidade de Concórdia e a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!!!

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	V
<b>CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Tecido ósseo.....	3
2.2. Problemas relacionados à integridade óssea.....	5
2.3. Ensaio de flexão.....	8
3. REFERÊNCIAS.....	8
<b>CAPÍTULO 2 - VARIABILIDADE GENÉTICA DO PESO CORPORAL E INTEGRIDADE ÓSSEA DA TÍBIA EM UMA LINHAGEM PATERNA DE FRANGOS DE CORTE.....</b>	<b>12</b>
RESUMO.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
2.1. Animais.....	15
2.2. Dados fenotípicos.....	16
2.3. Avaliação do peso, comprimento e espessura da tíbia.....	16
2.4. Ensaio de flexão.....	17
2.5. Determinação da matéria seca.....	17
2.6. Determinação de cinzas.....	18
2.7. Determinação dos minerais.....	18
2.8. Análise estatística.....	18
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4. CONCLUSÕES.....	27
5. REFERÊNCIAS.....	27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Número de animais (N), médias, desvio-padrão (DP), valores mínimo (Mín) e máximo (Máx) e coeficiente de variação (CV), observados para peso corporal e integridade óssea em frangos de corte.....	20
<b>2</b>	Variâncias genética aditiva ( $\sigma_a^2$ ), fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) e ambiental ( $\sigma_e^2$ ) e estimativas de herdabilidade ( $h^2$ ) com respectivos erros-padrão (entre parênteses) das características de peso corporal e integridade óssea em frangos de corte.....	21
<b>3</b>	Estimativas de correlação genética (acima da diagonal) e correlação ambiental (abaixo da diagonal) com respectivos erros-padrão (entre parênteses) entre as características de peso corporal e integridade óssea em frangos de corte.....	25
<b>4</b>	Estimativas de correlações fenotípicas com seus respectivos erros-padrão (entre parênteses) entre as características de peso corporal e integridade óssea em frangos de corte.....	26

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	Ilustração das estruturas encontradas em osso longo de aves.....	<b>5</b>

## PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À INTEGRIDADE ÓSSEA EM FRANGOS DE CORTE

**RESUMO** - A intensa seleção realizada nos frangos de corte com base, principalmente, no peso corporal ao abate resultou em respostas correlacionadas indesejáveis, tais como, problemas de pernas, mortalidade e doenças metabólicas das aves. Estes problemas causam perdas econômicas para a indústria avícola, pois o desempenho e bem-estar das aves fica comprometido, ocasionando significativo índice de descarte de carcaças nos abatedouros. Neste trabalho, o objetivo foi avaliar a variabilidade genética do peso corporal e integridade óssea de uma população de frangos de corte, com o intuito de fornecer subsídios ao programa de melhoramento genético da população. Parâmetros genéticos foram estimados para características morfométricas, mecânicas e a composição química dos ossos longos da tíbia de 1448 aves da população referência TT de frangos de corte, pertencente ao programa de Melhoramento Genético de Aves da Embrapa Suínos e Aves, cuja seleção é baseada, principalmente, no peso corporal aos 42 dias de idade (PV42). As análises foram efetuadas pelo método de máxima verossimilhança restrita, em modelo animal multi-característica, considerando os efeitos aleatórios de animal e residual e os efeitos fixos de grupo sexo-incubação (10 níveis). Foram avaliados PV42, comprimento (COMP) e espessura da tíbia (ESP) em milímetros (mm); resistência à quebra da tíbia (RQ) em quilograma-força/milímetro (kgf/mm); características químicas do osso da tíbia, tais como matéria seca da tíbia (MS) e cinzas da tíbia (CZ) em porcentagem (%) e magnésio (Mg) da tíbia em partes por milhão (ppm). As estimativas de herdabilidade do presente estudo variaram entre  $0,18 \pm 0,07$  (MS) a  $0,46 \pm 0,07$  (PV42), indicando que as características apresentam variabilidade genética aditiva suficiente para serem submetidas a seleção. As estimativas de correlação genética variaram de  $-0,66 \pm 0,20$  entre Mg e RQ a  $0,55 \pm 0,15$  entre CZ e RQ e as ambientais variaram de  $-0,25 \pm 0,08$  entre CZ e COMP a  $0,53 \pm 0,05$  entre PV42 e COMP. Aves selecionadas para maiores pesos aos 42 dias de idade poderão ter maior

resistência à quebra e maiores teores de cinzas, comprimento e quantidade de Mg e matéria seca na tíbia, porém o aumento na integridade óssea não é totalmente proporcional ao aumento do peso corporal. Isto explicaria, em parte, os problemas de locomoção e perdas econômicas verificados durante o processamento da carcaça, uma vez que o desenvolvimento dos tecidos ósseos não acompanha diretamente a taxa de crescimento corporal dos frangos de corte.

**Palavras - chave:** aves, correlação genética, herdabilidade, tíbia.

## GENETIC PARAMETERS OF BONE INTEGRITY-RELATED TRAITS IN A BROILER LINE

**Abstract:** The intense selection carried out in broilers based mainly on body weight at slaughter resulted in undesirable correlated responses such as leg problems, mortality and metabolic diseases of poultry. These problems cause economic losses to the poultry industry, because the performance and welfare of the birds is compromised, causing significant rate of disposal of carcasses in slaughterhouses. The aim of this study was to evaluate the genetic variability of body weight and tibia bone integrity-related traits in a paternal broiler line. Data from 1448 broilers was used to estimate the genetic parameters of body weight at 42 days of age (PV42), tibia length and width (COMP and ESP), breaking resistance (RQ), percentage of dry matter (MS), ash (CZ) and magnesium (Mg), in parts per million. Variance components were estimated by Restricted Maximum Likelihood under multi-trait animal model. The general model included the fixed effect of sex-hatching group, and the random additive genetic and residual effects. Heritability estimates ranged from  $0,18 \pm 0,07$  (MS) to  $0.46 \pm 0.07$  (PV42). Genetic correlations ranged from  $-0.66 \pm 0.20$  (Mg and RQ) to  $0,55 \pm 0,15$  (CZ and RQ). Environmental correlations ranged from  $-0.25 \pm 0.08$  (CZ and COMP) to  $0.53 \pm 0.05$  (PV42 and COMP). The magnitude of heritability estimates observed for body weight and the evaluated tibia bone integrity-related traits, indicate that these traits can respond to selection in this population. The selection for PV42 favors moderately the tibia length, breaking resistance, and the MS and CZ content. However, the improvement in bone integrity would not be entirely proportional to increasing in body weight, what would explain partially the locomotion problems and economic losses verified during the slaughter process, since the development of bone tissue does not follows straight to body growth rate of broilers.

**Keywords:** genetic correlation, heritability, genetic parameters, selection.

## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

O panorama econômico mundial tem colocado o segmento de avicultura em um cenário bastante positivo no Brasil. Atualmente, o país é o terceiro maior produtor e o maior exportador de carne de frango mundial. A produção de carne de frango chegou a 13,058 milhões de toneladas em 2011, em um crescimento de 6,8% em relação a 2010. Com este desempenho o Brasil se aproxima da China, hoje o segundo maior produtor mundial, cuja produção de 2011 teria somado 13,2 milhões de toneladas, abaixo apenas dos Estados Unidos, com 16,757 milhões de toneladas, conforme projeções do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA). Do volume total de frangos produzido pelo país, 69,8% foi destinado ao consumo interno, e 30,2% para exportações. Com isto, o consumo per capita de carne de frango atingiu 47,4 quilos por pessoa, novo recorde para o setor (UBABEF, 2012).

A alta produtividade do frango se deve, principalmente, às pesquisas que levaram à obtenção de linhagens de rápido crescimento, cada vez mais precoces e com maior desenvolvimento muscular quando comparado com as outras espécies animais. Entretanto, o desenvolvimento do tecido ósseo não tem acompanhado estes processos fisiológicos, aumentando assim a incidência de problemas de pernas e fragilidade do osso. Estes problemas são preocupantes para a indústria avícola, devido, principalmente, ao significativo índice de descarte no abatedouro em função de carcaças mal desenvolvidas e também por causar perdas relativas ao desempenho das aves, afetando assim o bem-estar dos animais (OLIVEIRA, 2006).

A elevada taxa de crescimento deixou mais evidente a necessidade de programas de melhoramento que aliem características relacionadas ao crescimento e bem estar animal, a uma maior eficiência e rendimento. Medidas para reduzir perdas envolvendo problemas ósseos vêm sendo estudadas.



De acordo com ROSÁRIO et al. (2004), a intensa seleção em frangos de corte para elevar o peso vivo, vem resultando em aumento substancial na velocidade de crescimento desses animais. As hipóteses descritas por JULIAN (1998) já associavam as anormalidades ósseas ao alto peso corporal dos frangos e imaturidade dos tecidos de sustentação. SILVA et al. (2001) mencionaram que os problemas de pernas estavam associados às características genéticas dos animais, que apresentam crescimento e acúmulo de tecido muscular muito rápido, com o tecido ósseo se desenvolvendo em menor velocidade.

Devido à intensa pressão de seleção realizada nos frangos de corte para maiores pesos do músculo do peito, ocorreu o aparecimento de problemas relacionados à relação ossos-músculos. Este desbalanço provocou redução na proporção músculo:ossos da perna levando a disfunções estruturais e dores e com isso, as aves começaram a apresentar problemas de locomoção (NESTOR et al., 1985; LILBURN, 1994).

Nas linhagens de frangos de corte mantidas sob avaliação genética, o conhecimento de parâmetros genéticos das características de importância econômica torna a seleção mais eficiente e seu constante estudo no decorrer das gerações possibilita saber como as características estão se alterando geneticamente (SATO et al., 2012). A herdabilidade é um parâmetro genético da população e expressa o quanto da variação fenotípica é atribuída aos efeitos genéticos aditivos dos genes. A associação genética entre duas características é indicada pelo coeficiente de correlação genética e expressa a magnitude e a direção desta associação. Este parâmetro é utilizado para obter melhorias indiretas nas características que não são submetidas diretamente ao processo de seleção. Assim, deve-se conhecer e estudar as características que serão definidas como critérios de seleção, seus parâmetros genéticos e fenotípicos e como estas se associam linearmente com outras características de importância econômica.

Pesquisas relacionadas à estimação de parâmetros genéticos para características relacionadas à integridade óssea são escassas, ou mesmo inexistentes, na literatura. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de aumento de estudos neste segmento.

Neste trabalho, o objetivo foi avaliar a variabilidade genética do peso corporal e integridade óssea de uma população de frangos de corte, com o intuito de fornecer subsídios ao programa de melhoramento genético da população.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. TECIDO ÓSSEO**

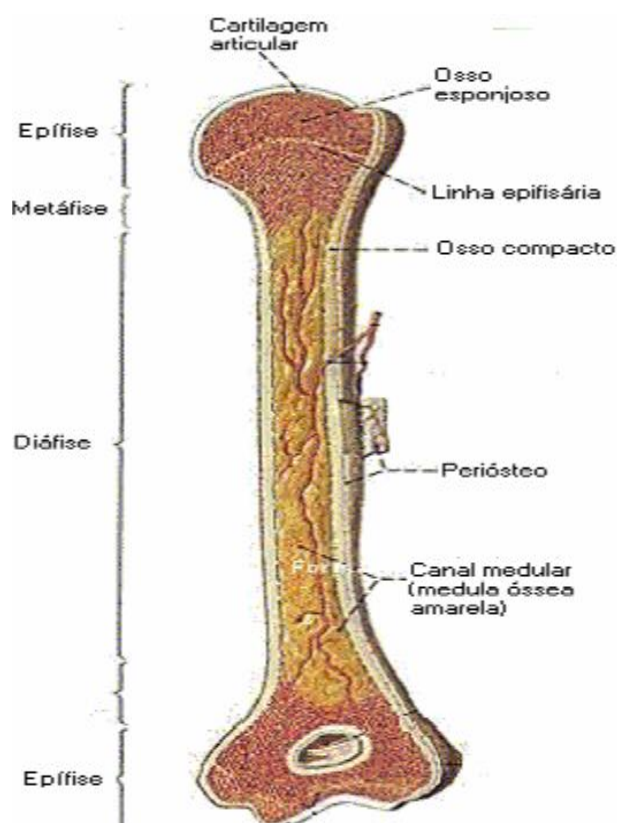
No passado, o tecido ósseo era considerado uma estrutura que apenas fornecia suporte ao corpo do animal. Atualmente, sabe-se que o osso é um tecido heterogêneo, complexo e multifuncional, não se limitando somente às funções que envolvam resistência mecânica e suporte corporal. Dentre as diversas funções importantes, pode-se citar sustentação do corpo, locomoção, proteção de órgãos internos, produção de elementos do sangue e reserva metabólica de minerais como cálcio e fósforo (BARBOSA, 2005; FERNANDES, 2005). Segundo WATKINS & SEIFERT (2000), o tecido ósseo é um tipo especializado de tecido conjuntivo, dinâmico, vascular formado por uma matriz orgânica mineralizada e por uma população heterogênea de células. Essas células são os osteócitos, osteoclastos e osteoblastos e possuem a função de sintetizar e mineralizar a matriz óssea, além de serem determinantes para os fatores químicos, geométricos e resistência do osso (OLIVEIRA, 2006). De acordo com o autor, os osteócitos estão localizados em cavidades ou lacunas no interior da matriz óssea. Estes atuam na mineralização da matriz óssea fornecendo proteção às células que revestem a superfície. Os osteoclastos são células multinucleadas, gigantes e móveis responsáveis pela reabsorção óssea. Na fase adulta do animal, os osteoclastos participam da remodelação óssea e, quando necessário, estes retêm as exigências de cálcio essenciais para a homeostase (OLIVEIRA, 2006). Os osteoblastos tem a função de produzir a parte orgânica da matriz óssea (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2004; LIAN e STEIN, 2006).

Os ossos passam por constantes alterações e possuem a capacidade de regenerar-se quando sofrem lesões ou forem atingidos por patologias (BARBOSA, 2005). Macroscopicamente, os ossos podem ser divididos em longos (tíbia e fêmur; Figura 1), chatos (esterno), irregulares (vértebras) e curtos (tarsos). Morfologicamente, podem ser classificados como esponjoso ou trabecular, de estrutura esponjosa que corresponde a 20% do esqueleto e cuja função mecânica é de proteção; e osso compacto ou cortical, osso duro e denso que compõe 80% do esqueleto, cuja função é metabólica (LOPES, 2009).

Nos animais em desenvolvimento, as epífises ou extremidades dos ossos longos são formadas por osso trabecular e a diáfise, região localizada entre as epífises, é constituída quase que completamente por osso compacto. Externamente, os ossos longos são delimitados pelo perióstio, o qual possui a função de recobrir os ossos, com exceção da cartilagem que envolve as extremidades (LOPES, 2009; FORNARI, 2012;).

O tecido ósseo é composto por aproximadamente 70% de minerais, 22% de proteína e 8% de água (PIZAURO JR., 2002). Cerca de 95% da matriz orgânica é constituída por colágeno do tipo 1 e os 5% restantes são compostos de proteoglicanas e várias outras proteínas do tipo não colagenosas e tem a função de dar elasticidade ao osso. Os componentes inorgânicos oferecem rigidez ao osso e são compostos por fosfato de cálcio e carbonato de cálcio.

A junção dos minerais formam cristais de hidroxiapatita, fosfato de cálcio amorfo e outros materiais. Outros elementos químicos como sódio, potássio, magnésio, hidróxido, fluoreto, estrôncio, rádio, zinco, cloreto e sulfato estão presentes em pequenas quantidades e a estrutura óssea é vigorosamente fortalecida por meio da deposição desses sais complexos (LOPES, 2009).



**Figura 1** . Ilustração das estruturas encontradas em osso longo de aves. Fonte: Avancini de Brito & Favaretto (1997).

## 2.2. PROBLEMAS RELACIONADOS À INTEGRIDADE ÓSSEA

A estrutura óssea está intimamente relacionada aos problemas de pernas em frango de corte. Apesar da importância do tecido ósseo, pouca atenção é dada quanto a sua integridade em animais de produção.

Desde 1930, inúmeras causas das deformidades do esqueleto em aves têm sido identificadas. Nutrientes (toxidez, deficiência e desbalanços), genética, micotoxinas e práticas de manejo afetam diretamente o crescimento e desenvolvimento do esqueleto (COOK, 2008). Quando comparado com outras

espécies animais, o frango de corte foi o que apresentou potencial genético de crescimento espetacular, devido a sua alta produtividade.

Os problemas de locomoção estão vinculados às condições de alojamento e manejo. Segundo PAZ (2008), deve ser dada maior importância ao estudo destes problemas, já que a dificuldade de locomoção está relacionada às perdas econômicas mensuráveis, como condenações e desclassificações de carcaças, devido, principalmente, às fraturas e lesões na pele.

Com o aumento das pesquisas realizadas na área de melhoramento genético, têm-se obtido linhagens de rápido crescimento, cada vez mais precoces e com maior desenvolvimento muscular. Como consequência, a composição mineral dos ossos e cartilagens também foi afetada, favorecendo o aparecimento de alterações ósseas. O desenvolvimento do tecido ósseo não tem acompanhado estes processos fisiológicos, aumentando, assim, a incidência de problemas de pernas e fragilidade do osso.

Os principais problemas de locomoção em frangos de corte incluem a discondroplasia tibial (DT), necrose da cabeça do fêmur (FHN) e rotação das pernas (Valgus-Varus). A DT é caracterizada pela formação de massa anormal de cartilagem, não vascularizada, pouco mineralizada, ocupando a extremidade proximal dos ossos longos, principalmente na tíbia. Aves de rápido crescimento são mais susceptíveis a apresentarem a lesão (PRAUL et al., 2000). A DT é um distúrbio que causa queda de desempenho e descarte de aves no abatedouro causando perdas relevantes. Aves que sofrem com discondroplasia tibial tornam-se incapazes de se locomoverem normalmente ou começam a claudicar devido à deformidade dos ossos. Aves com lesões avançadas são mais propensas a sofrerem fraturas (VELLEMAN, 2000).

As anormalidades nas pernas também têm sido associadas com a redução do ganho de peso. Sabendo-se que há relação positiva entre o peso corpóreo e a presença de anormalidades de grau médio, aves com graves anormalidades tendem a pesar menos, provavelmente pela dificuldade em se deslocar até os comedouros e bebedouros (KESTIN et al., 1992). Segundo WEEKS et al., (2000) aves com claudicação acessam menos os comedouros que aves sadias e

permanecem deitadas enquanto se alimentam, diferente de aves saudáveis, que permanecem em pé.

O bem-estar animal é diretamente afetado por problemas de locomoção. Aves com deficiências locomotoras são privadas de pelo menos três das cinco liberdades que são o alicerce do bem-estar animal, segundo a FAWC (Farm Animal Welfare Council, 1992) editado pelo Parlamento Europeu em 2006. Estas seriam: (a) liberdade fisiológica (estar livre de fome e sede); (b) ambiental (estar livre de desconfortos, ou dor) e (c) sanitária (estar livre de doenças, ferimentos). Nas demais, as aves seriam parcialmente privadas: (a) liberdade psicológica (estar livre de medo ou sofrimento) e (b) comportamental (poder expressar seu comportamento natural).

Devido à importância que o setor avícola representa para a economia do Brasil e a crescente preocupação com as questões relacionadas ao bem-estar animal na última década, maior atenção tem sido dada ao assunto. Considerando os prejuízos que a má formação óssea ou mesmo o baixo desenvolvimento do tecido ósseo ocasionam para a avicultura, as empresas de melhoramento genético tendem a tomar medidas para sanar estes problemas (FORNARI, 2012).

Algumas empresas têm realizado seleção para obtenção de frangos com postura mais ereta, o que além de diminuir os problemas como a espondilolistese, deformidade que afeta as vértebras torácicas (HOGG, 1984), também melhora a forma como o frango se desloca. Esta é indicativo de seu bem-estar, por isso as empresas desenvolveram um sistema de avaliação da locomoção de frangos de corte, denominado *gait score*, que é uma medida subjetiva da habilidade da ave para se locomover sobre uma superfície e que pode ser medida no aviário (BERNARDI, 2011).

Em estudos epidemiológicos no Reino Unido, PFEIFFER & DALL'AQUA (2002) revelaram que para cada 1% de problemas de locomoção severos existem outros 2 a 3% de problemas sub-clínicos. KNOWLES et al. (2008) avaliaram a capacidade de locomoção e os fatores de risco associados a deficiências do sistema locomotor. Foram amostrados 51.000 frangos, representando uma

população de 4,8 milhões de frangos. Nesse estudo, considerando frangos de 40 dias de idade, foi observado que 3,3% dos animais apresentaram severa dificuldade de locomoção e 26,7% apresentaram apenas dificuldade de locomoção. Os autores detectaram que os principais fatores de risco foram aqueles associados a taxa de crescimento.

### **2.3. ENSAIOS DE FLEXÃO**

Os ensaios de flexão são comumente utilizados para medir a fragilidade óssea, ou seja, a susceptibilidade do osso às fraturas. Conhecendo-se as propriedades estruturais e materiais dos ossos, pode-se medir a fragilidade óssea (MAZZUCO, 2005). CURREY (2003) demonstrou que quanto maior a quantidade de minerais, maior será a rigidez do osso. Porém, este pode ficar mais frágil e conseqüentemente susceptível às pequenas trincas. Os ensaios de flexão tem a finalidade de medir a resistência do osso quando aplicada uma força ao centro do mesmo.

No ensaio, inicialmente o osso é apoiado sobre dois pontos com distância pré estabelecida. Em seguida, é aplicada uma carga crescente sobre o ponto médio do osso até que ocorra sua quebra. Segundo TURNER & BURR (1993), a força de quebra depende do tamanho, da forma e dos constituintes ósseos. As medidas resultantes são utilizadas para traçar a curva de carregamento e deformação e por meio delas são determinadas as propriedades mecânicas do osso (BARBOSA, 2005).

### **3. REFERÊNCIAS**

AVANCINE DE BRITO, E. ; FAVORETTO, J. A. *Biologia: Uma abordagem evolutiva e ecológica*. v.2, São Paulo: Editora Moderna, 665p, 1997.

BARBOSA, A. A. Avaliação da qualidade óssea mediante parâmetros morfométricos, bioquímicos e biomecânicos em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.772-778, 2010.

BERNARDI, R. **Problemas locomotores em frangos de corte**. 62f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados, 2011.

COOK, M.E. Skeletal deformities and their causes: introduction. **Poultry Science**, n. 79(7), p. 982 - 984, 2000.

CURREY, J. D. The many adaptations of bone. **Journal of Biomechanics**, v. 36, n. 10, p. 1487 - 1495, 2003.

FERNANDES, I. C. **Fisiologia e Patogênese Óssea**. Disponível em: <<http://www.hunp.uel.br/farmacologia/materias/gregghi03.htm>>. Acesso em: 01/05/2013.

FORNARI, M. B. **Investigação de polimorfismos em genes associados ao desenvolvimento ósseo como marcadores moleculares para características de integridade óssea em uma linhagem paterna de frangos de corte**. 125f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2012.

HOGG, D.A. The distribution of pneumatization in the skeleton of the adult domestic fowl. **J. Anat.**, v. 138, p.617 - 629, 1984.

JULIAN, R. J. Rapid growth problems: Ascites and skeletal deformities in broiler. **Poultry Science**, n. 77, p. 773 - 780, 1998.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Tecido ósseo. In: \_\_\_\_\_. **Histologia Básica**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2004. cap. 8 p. 148 - 149.

LILBURN, M. Skeletal growth of commercial poultry species. **Poultry Science**, v.73, p.897-903, 1994.



KESTIN, S.C.; KNOWLES, T.G. TINCH, A.E.; GREGORY, N.G. Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. **Veterinary Record**, v.131, p. 190-194, 1992.

KNOWLES, T.G., KESTIN, S.C., HASLAM S. M., BROWN, S. N., GREEN, L.E. Leg Disorders in Broiler Chickens: Prevalence, Risk Factors and Prevention. PLoS ONE 3(2): e1545. doi:10.1371/journal.pone.0001545, 2008.

LOPES, R. C. S. O. **Avaliação de fêmures de frangos de corte alimentados com farelo de resíduo de manga**. 82f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, 2009.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K. Os nutrientes e seu metabolismo. In: \_\_\_\_\_ **Nutrição Animal**: 3ª ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A., 1974, pte. 2, cap. 7, p.158-160.

MAZZUCO, H. Osteoporose em poedeiras comerciais: uso da densitometria óssea e outras técnicas. **Revista Avicultura Industrial**, v. 96 n. 1136, p. 16-34, 2005.

OLIVEIRA, A. F. G. **Estudo do padrão de crescimento ósseo em frangos de corte de diferentes grupos genéticos criados em duas densidades populacionais**. 73f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração Produção Animal, 2006.

PAZ, I.C.L. A. Problemas Locomotores e Técnicas de Mensuração. In: CONFERENCIA APINCO DE CIENCIA E TECNOLOGIA AVICOLAS, Santos, **Anais...** Campinas: FACTA, p.57-68, 2008.

PIZAURO Jr., J.M. Hormônios e regulação do metabolismo do tecido ósseo. In:

PRAUL, C.A.; FORD, B. C.; GAY, C. V. Gene expression and tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, n. 79, p.1009-1013, 2000.

SILVA, F. A. da; MORAES, G. H. K. de; RODRIGUES, A. C. P.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, M. G. A.; FONSECA, C. C.; FANCHIOTTI, F. E. Efeitos do ácido L-Glutâmico e da vitamina D3 nos fêmures e tibiotarsos de pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30(6S), p. 2067 - 2077, 2001.

UBABEF - União Brasileira de Avicultura. **História da Avicultura no Brasil**. Disponível em [http://www.ubabef.com.br/a\\_avicultura\\_brasileira/historia\\_da\\_avicultura\\_no\\_brasil](http://www.ubabef.com.br/a_avicultura_brasileira/historia_da_avicultura_no_brasil). Acesso em: 05/05/2013.

VELLEMAN, S.G. The role of the extracellular matrix in skeletal development. **Poultry Science**, v.79, p. 985 - 989, 2000.

WATKINS, B.A.; SEIFERT, M. F. Conjugated Linoleic Acid and Bone Biology. **Journal of the America College of Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 4785S V - 4865s, 2000.

WEEKS,C.A; DANBURY,T.D.; DAVIES, H.C.; HUN, T.P.; KESTIN, S.C. The behavior of broiler chickens and its modification by lameness. **Applied Animal Behavior Science**, v. 67, n.1 - 2, p.111-125, 2000.

## **CAPÍTULO 2 É VARIABILIDADE GENÉTICA DO PESO CORPORAL E INTEGRIDADE ÓSSEA DA TÍBIA EM UMA LINHAGEM PATERNA DE FRANGOS DE CORTE**

**RESUMO** - A integridade óssea é um fator relevante na produção de frangos de corte, pois interfere direta ou indiretamente em importantes características de desempenho corporal e carcaça. Neste trabalho, o objetivo foi avaliar a variabilidade genética do peso corporal e integridade óssea de uma população de frangos de corte, com o intuito de fornecer subsídios ao programa de melhoramento genético desta população. Os 1448 animais utilizados para estimação de parâmetros genéticos resultaram de uma expansão da linhagem pura paterna denominada TT, desenvolvida pela Embrapa Suínos e Aves, cuja seleção é baseada principalmente, no peso corporal aos 42 dias de idade (PV42). Foram avaliados os PV42, comprimento da tibia (COMP) e espessura da tibia (ESP) em milímetros (mm); resistência à quebra da tibia (RQ) em quilograma-força/milímetro (Kgf/mm); características químicas do osso da tibia: matéria seca (MS) e cinzas (CZ) em porcentagem (%) e magnésio (Mg) em partes por milhão (ppm). Os componentes de variância foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita sob modelo animal multicaracterística. O modelo geral incluiu os efeitos aleatórios genético aditivo e residual e o efeito fixo de grupo sexo-incubação (10 níveis). As estimativas de herdabilidade do presente estudo variaram entre  $0,18 \pm 0,07$  (MS) a  $0,46 \pm 0,07$  (PV42), indicando que as características estudadas apresentam variabilidade genética aditiva suficiente para responderem à seleção. As estimativas de correlação genética variaram de  $-0,66 \pm 0,20$  entre Mg e RQ a  $0,55 \pm 0,15$  entre CZ e RQ e as ambientais variaram de  $-0,25 \pm 0,08$  entre CZ e COMP a  $0,53 \pm 0,05$  entre PV42 e COMP. Concluiu-se que as características de desempenho corporal e integridade óssea analisadas, podem responder à seleção em função das magnitudes das estimativas de herdabilidade. Aves selecionadas para maiores pesos aos 42 dias de idade poderão ter maior

resistência à quebra e maiores teores de cinzas, comprimento e quantidade de Mg e matéria seca na tíbia, porém o aumento na integridade óssea não é totalmente proporcional ao aumento do peso corporal. Isto explicaria, em parte, os problemas de locomoção e perdas econômicas verificados durante o processamento da carcaça, uma vez que o desenvolvimento dos tecidos ósseos não acompanha diretamente a taxa de crescimento corporal dos frangos de corte.

**Palavras-chave:** correlação genética, herdabilidade, parâmetros genéticos, seleção, tíbia.

## 1. INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento genético de frangos de corte têm sido conduzidos, principalmente, pela seleção com base nos pesos corporais, da carcaça e suas partes. Isto resultou em maiores pesos ao abate em menores idades (HAVENSTEIN et al., 2003), melhores rendimentos e qualidade da carcaça (STRINGHINI et al., 2003) além da redução da quantidade de gordura abdominal contida nesta carcaça (GAYA et al., 2005).

O peso corporal aos 42 dias de idade (PV42), considerado como principal critério de seleção, apresenta fundamental importância no progresso genético alcançado no crescimento dos frangos de corte e consequente redução da idade de abate. Isto foi alcançado, devido a característica apresentar suficiente variabilidade genética para responder a seleção, comprovada por LE BIHAN-DUVAL et al. (2001), ZEREHDARAN et al. (2004), ADEYINKA et al. (2006), LE BIHAN-DUVAL et al. (2008) e VAYEGO et al. (2008). O PV42 apresenta correlação genética alta e positiva com pesos da carcaça e suas partes (SINGH & TREHAN, 1994; LE BIHAN-DUVAL et al., 1998; XU et al., 2011; VENTURINI, 2012). Porém, com o aumento da velocidade de crescimento (peso corporal), em menor período de tempo, os frangos de corte apresentaram problemas ligados à integridade óssea, sendo um dos fatores que influenciaram esta estrutura, àqueles ligados a genética (BRADSHAW et al. 2002; WHITEHEAD, 2004).

Tanto produtores quanto indústria frigorífica têm grande preocupação com a redução da qualidade e perdas decorrentes de problemas de locomoção e a presença de fragmentos de ossos durante a produção da carne, comprometendo assim toda cadeia produtiva (WHITEHEAD, 1992). ABREU & ABREU (2002) relataram que grande perda ocorre na condenação da carne do peito quando há a presença de hematomas nesta parte nobre da carcaça.

Os programas de melhoramento genético de frangos de corte não levaram em consideração, durante muitos anos, a avaliação das características ligadas à integridade óssea. Sabe-se que este tecido se desenvolve antes dos tecidos musculares e adiposos e por isso tem grande importância para a produção de carcaça de melhor qualidade. VIANNA et al. (2000) e ZHOU et al. (2007) relataram que a grande pressão de seleção realizada para maiores pesos corporais fez com que os frangos apresentassem crescimento desproporcional dos músculos esqueléticos, resultando em vários problemas ósseos. Porém, SHIM et al. (2012) observaram que características relacionadas a integridade óssea (físicas e químicas) da tíbia tiveram melhores resultados concomitantemente com o aumento da taxa de crescimento dos frangos. Segundo os autores, ossos de frangos de corte de crescimento rápido eram mais longos, largos, pesados, fortes, densos e continham mais cinzas do que os de crescimento lento. No entanto, depois que todos os parâmetros foram calculados por unidade de peso corporal final, com seis semanas de idade, a densidade da tíbia e percentagem de cinza óssea de frangos de corte de crescimento rápido foram menores do que as dos frangos de crescimento lento.

Características físicas do osso podem ser incluídas nos estudos genéticos de frangos de corte como comprimento, espessura e resistência à quebra. Frangos de corte com grande capacidade de desenvolvimento corporal necessitam de ossos mais largos e espessos para não terem problemas de locomoção.

Na literatura, pode-se encontrar alguns estudos envolvendo características de densidade e conteúdo mineral do osso da tíbia (MAZZUCO & HESTER, 2005; SCHREIWEIS et al., 2005; ZHOU et al., 2007 e SHIM et al., 2012). Além destes,

aqueles relacionados com problemas ósseos e taxa de crescimento acelerado, assim como morfologia e força de quebra foram relatados por THORP & WADDINGTON (1997) e SHIM et al. (2012), respectivamente. Porém, a quantidade de trabalhos sobre parâmetros genéticos e fenotípicos encontrados na literatura para características relacionadas à integridade óssea ainda é pequena. Devido a isso e a grande importância destas, o presente estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade genética do desempenho corporal e integridade óssea em frangos de corte de uma população, com o intuito de fornecer subsídios ao programa de melhoramento genético de uma linhagem paterna de frangos de corte, selecionada principalmente para PV42.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Animais**

Foram utilizados dados de frangos de corte resultantes da expansão de uma linhagem paterna pura (TT) que teve sua origem a partir do cruzamento das raças Cornish, Hampshire e White Plymouth Rock e encontra-se sob seleção para maior peso vivo, melhor conversão alimentar e rendimento de carcaça e suas partes, viabilidade, fertilidade e eclodibilidade, desde 1992. Estes animais foram desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Aves da Embrapa Suínos e Aves (Concórdia, SC, Brasil), com a finalidade de ser uma população referência para validar resultados genômicos de outros estudos.

Para formar a população em questão, foram realizados acasalamentos hierárquicos, entre 20 machos e 92 fêmeas, ou seja, relação aproximada de 1 macho para 5 fêmeas. Os frangos receberam manejo sanitário e nutricional preconizado pela Embrapa Suínos e Aves e foram mantidos em boxes coletivos até atingirem 35 dias de idade. Após esta idade, os mesmos foram separados em gaiolas individuais até atingirem 41 dias, com finalidade de avaliar a conversão alimentar. Ao atingir 42 dias, cerca de 1470 frangos foram abatidos e 1448

animais (696 fêmeas e 752 machos) tiveram seus dados fenotípicos colhidos para estimar os parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais.

## **2.2. Dados Fenotípicos**

Os dados fenotípicos utilizados para estimar os parâmetros genéticos foram:

- Peso ao abate em gramas (g): Peso corporal aos 42 dias de idade (PV42);
- Características físicas do osso da tíbia: comprimento da tíbia (COMP) e espessura da tíbia (ESP) em milímetros (mm); além da resistência à quebra da tíbia (RQ) em quilograma-força/milímetro (kgf/mm);
- Características químicas do osso da tíbia: matéria seca da tíbia (MS\_T) e cinzas da tíbia (CZ) em porcentagem (%) e magnésio (Mg) da tíbia em partes por milhão (ppm).

As amostras de tíbia foram retiradas do freezer a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e deixadas na bancada para descongelar à temperatura ambiente durante a noite. Pela manhã, foram efetuadas as medidas de comprimento e espessura do osso com auxílio de um paquímetro manual (0,01mm). O comprimento e espessura foram medidos tomando-se a maior distância entre as epífises e o diâmetro no ponto central do osso, respectivamente. Os fragmentos gerados na quebra foram colocados em estufa a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas para determinação da matéria seca do osso. Após este procedimento, os ossos foram triturados e o material transferido para queima em mufla a  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 5 horas e em seguida foram determinados os teores de cinzas. Sequencialmente, foi determinado o mineral Mg. Essas análises foram realizadas no laboratório físico-químico da Embrapa Suínos e Aves.

## **2.3. Avaliação do peso, comprimento e espessura da tíbia**

Para a avaliação dos parâmetros físicos, os ossos da tíbia que estavam armazenados a  $-20^{\circ}\text{C}$  foram acondicionados à temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

Em seguida, o excesso de carne, gordura e cartilagem foram removidos manualmente e os ossos avaliados quanto ao peso úmido, comprimento entre as extremidades e espessura na região mediana. Cerca de 1400 aves foram avaliadas e após as medições, os ossos foram acondicionados em sacos plásticos, identificados com o número do indivíduo e armazenados a temperatura de -20 °C.

#### **2.4. Ensaio de flexão**

Para determinação da resistência a flexão, os ossos da tíbia foram acondicionados à temperatura de aproximadamente 0°C por 48 horas e em seguida deixados a temperatura ambiente por cerca de uma hora. O ensaio de flexão foi realizado no equipamento *TA . XTPlus Texture Analyzer* ©Texture Technologies Corporation, usando a *probe TA-92*©Texture Technologies Corporation. Os ossos foram acomodados na mesma posição, com as extremidades apoiadas em dois suportes afastados a 40 mm.

À distância percorrida pela *probe* após o toque na amostra foi de 20 mm com velocidade de teste de 2,00 mm/s, velocidade de pré-teste de 2,00 mm/s e velocidade de pós-teste de 20,00 mm/s. A força peso com que a *probe* tocava na amostra, programada no equipamento foi de 0,0050 kg. Esta força foi aplicada na região central (diáfise) e a resistência à flexão foi determinada. Após o rompimento, os fragmentos ósseos foram acondicionados em sacos plásticos, identificados com o número da amostra e armazenados a 0°C por aproximadamente 24 horas para posterior análise de matéria seca e cinzas.

#### **2.5. Determinação da matéria seca**

Para determinação da porcentagem de matéria seca, os fragmentos ósseos que estavam a 0 °C foram mantidos à temperatura ambiente por cerca de uma hora, acondicionados em cadinhos de porcelana previamente pesados e deixados em estufa à temperatura de 105 °C por, aproximadamente, 16 horas. Na sequência, os cadinhos contendo as amostras foram mantidos no dessecador até



atingirem temperatura ambiente e em seguida pesados. A porcentagem de matéria seca foi determinada a partir da proporção do peso da amostra seca em relação à amostra úmida.

## **2.6. Determinação de cinzas**

A determinação da porcentagem de cinzas foi realizada logo após a tomada da matéria seca. As amostras foram incineradas em mufla por, aproximadamente, 6 horas. A temperatura máxima da mufla foi atingida com aumentos graduais. Inicialmente foram 350°C, 450°C, 550°C cada uma por 1 hora e 600 °C, aproximadamente, por 3 horas.

Após, os cadinhos contendo as amostras foram deixados no dessecador até atingirem temperatura ambiente e, em seguida, as amostras foram pesadas. A porcentagem de cinzas foi determinada a partir da proporção do peso da amostra seca em relação à amostra úmida. As cinzas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas com o número do indivíduo e armazenadas em ambiente com baixa umidade.

## **2.7. Determinação dos minerais**

A quantificação na solução da amostra do elemento Mg foi realizada por espectrometria de absorção atômica (EAA), no equipamento *VARIAN SpectrAA 220* com atomização em chama de ar-acetileno equipado com lâmpadas de cátodo oco monoelementares. Para aquisição e tratamento dos dados utilizou-se o software *SpectrAA 220 3.0*. Os procedimentos para determinação dos minerais foram detalhados por CUNHA JUNIOR (2005).

## **2.8. Análise Estatística**

Análises estatísticas foram realizadas pelo método dos quadrados mínimos por meio do procedimento GLM do SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA) com a finalidade de detectar significância de efeitos fixos de incubação (5 níveis) e sexo (2 níveis). Os efeitos estudados influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) as

nove características estudadas e, portanto, decidiu-se formar o grupo sexo-incubação, que conteve 10 níveis. Na análise de cada característica, registros cujos resíduos padronizados foram maiores que 3,5 ou menores do -3,5 foram excluídos. As estatísticas descritivas das características de peso ao abate, carcaça, partes da carcaça e de órgãos envolvidas no estudo (Tabela 1) foram realizadas por meio do procedimento PROC MEANS do SAS (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA).

Os componentes de (co) variância foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita sob modelo animal multicaracterística, utilizando o programa computacional WOMBAT, desenvolvido por MEYER (2007). O modelo geral é representado pela equação  $y = X\beta + Za + e$ , em que:  $y$  é o vetor da variável dependente;  $X$  é a matriz de incidência para os efeitos fixos associando os elementos de  $e$  e  $y$ ;  $\beta$  é o vetor de efeito fixo de grupo sexo-incubação;  $Z$  é a matriz incidência dos efeitos genéticos aditivos aleatórios, associando os elementos de  $a$  e  $y$ ;  $a$  é o vetor de efeitos aleatórios para efeito genético aditivo e  $e$  é o vetor de efeitos residuais.

Foram assumidas as seguintes pressuposições:  $Var(a) = A\sigma_a^2$  em que  $A$  é a matriz de parentesco e  $\sigma_a^2$  é a variação atribuída aos efeitos genético aditivos e  $Var(e) = I\sigma_e^2$ , em que  $I$  é uma matriz identidade e  $\sigma_e^2$  é a variação atribuída aos efeitos residuais. Os valores iniciais requisitados pelo programa procederam de análises unicaracterísticas. A matriz de parentesco continha 1557 animais.

**Tabela 1.** Número de animais (N), média, desvio-padrão (DP), valores mínimo (Mín) e máximo (Máx) e coeficiente de variação (CV), das características de desempenho corporal e integridade óssea de frangos de corte.

<b>Característica</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DP</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>	<b>CV (%)</b>
<b>PV42</b>	1444	2228,34	253,19	1310,00	2971,00	11,36
<b>COMP</b>	1413	95,32	4,00	73,80	108,00	4,19
<b>ESP</b>	1413	8,78	0,97	6,00	12,90	11,04
<b>MS</b>	537	50,62	3,52	30,99	60,91	6,96
<b>RQ</b>	669	32,08	7,92	12,86	58,46	24,70
<b>CZ</b>	539	22,14	1,39	17,58	26,36	6,30
<b>Mg</b>	521	73,68	8,41	48,95	97,18	11,41

PV42 = peso corporal aos 42 dias de idade (g); Comp = comprimento da tibia (mm); Esp = espessura da tibia (mm); MS = matéria seca (%); RQ = resistência à quebra (kgf/mm); Cz = cinzas (%); Mg = teor de magnésio (ppm).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variâncias aditivas, fenotípicas e ambientais e as estimativas de herdabilidade com respectivos erros-padrão para as características de peso corporal, físicas e químicas do osso da tibia podem ser observadas na Tabela 2. As estimativas de herdabilidade variaram entre  $0,18 \pm 0,07$  (MS) a  $0,46 \pm 0,07$  (PV42).

**Tabela 2.** Estimativas de variância genética aditiva ( $\sigma_a^2$ ), fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) e ambiental ( $\sigma_e^2$ ) e de herdabilidade ( $h^2$ ) com respectivos erros-padrão (entre parênteses) das características de desempenho, físicas e químicas do osso da tíbia em frangos de corte.

Característica	$\sigma_a^2$	$\sigma_p^2$	$\sigma_e^2$	$h^2$
<b>PV42</b>	15651,4(3197,4)	34095,4(1834,4)	18443,9(1949)	0,46(0,07)
<b>COMP</b>	3,95(0,88)	11,75(0,56)	7,80(0,60)	0,34(0,06)
<b>ESP</b>	0,18(0,04)	0,59(0,03)	0,42(0,03)	0,30(0,06)
<b>MS</b>	1,60(0,67)	8,72(0,56)	7,12(0,67)	0,18(0,07)
<b>RQ</b>	13,68(4,28)	49,60(3,04)	35,92(3,47)	0,28(0,08)
<b>CZ</b>	0,84(0,24)	1,98(0,14)	1,14(0,17)	0,43(0,10)
<b>Mg</b>	13,63(5,68)	68,78(4,57)	55,15(5,38)	0,20(0,08)

PV42 = peso corporal aos 42 dias de idade (g); Comp = comprimento da tíbia (mm); Esp = espessura da tíbia (mm); MS = matéria seca (%); RQ = resistência à quebra (kgf/mm); Cz = cinzas (%); Mg = teor de magnésio (ppm).

Para PV42, a estimativa de herdabilidade obtida no presente estudo (Tabela 2) foi semelhante às relatadas por LE BIHAN-DUVAL et al. (2008) com frangos de corte e por LOFTI et al (2011), com codornas, equivalentes a  $0,49 \pm 0,06$  e  $0,45 \pm 0,04$ , respectivamente. Porém, a estimativa foi maior que as observadas em frangos de corte, por LE BIHAN-DUVAL et al (2001), GAYA et al. (2006) e VAYEGO et al. (2008), de  $0,35 \pm 0,02$  e  $0,24 \pm 0,03$  e  $0,37 \pm 0,06$ , respectivamente. As estimativas de herdabilidade para COMP ( $0,34 \pm 0,06$ ), ESP ( $0,30 \pm 0,06$ ), CZ ( $0,43 \pm 0,10$ ) e RQ ( $0,28 \pm 0,08$ ) apresentaram magnitudes que indicam, juntamente com PV42, variabilidade genética aditiva suficiente para responder a seleção. Se forem favorecidas pela seleção, estas características (físicas e químicas do osso da tíbia) irão conferir resistência à estrutura corporal dos frangos de corte.

As estimativas de herdabilidade para MS e Mg observadas no presente estudo ( $0,18 \pm 0,07$  e  $0,20 \pm 0,08$ ), indicaram que parte da variância fenotípica pode ser atribuída aos efeitos aditivos dos genes e que estas características poderiam responder à seleção, embora de forma mais lenta comparada com as características COMP, ESP, CZ, RQ e PV42.

Na prática, a seleção em frangos de corte é feita apenas para PV42 dentre as características estudadas. Características físico-químicas do osso são difíceis de serem mensuradas e dependem do abate dos animais e de análises laboratoriais. Portanto, há a expectativa de que PV42 esteja geneticamente correlacionado com as demais para que haja progresso genético indireto para tais características, o que justifica a estimação de correlações genéticas entre PV42 e características físico-químicas do osso da tíbia.

As estimativas de correlações genéticas (Tabela 3) variaram de  $-0,66 \pm 0,20$  entre Mg e RQ a  $0,55 \pm 0,15$  entre CZ e RQ. Correlações genéticas entre PV42 e ESP ( $0,16 \pm 0,15$ ), COMP e MS ( $0,13 \pm 0,22$ ), COMP e RQ ( $-0,10 \pm 0,20$ ), COMP e Mg ( $-0,12 \pm 0,22$ ), ESP e MS ( $-0,06 \pm 0,23$ ), MS e RQ ( $-0,10 \pm 0,26$ ) e MS e Mg ( $-0,17 \pm 0,30$ ) foram consideradas pouco confiáveis dado a alta magnitude dos erros-padrão em relação às estimativas. Estes resultados indicam que não foi possível identificar associação genética entre estas características a partir do conjunto de dados desta população.

As estimativas de correlações genéticas entre PV42 e as características COMP ( $0,53 \pm 0,11$ ), MS ( $0,41 \pm 0,20$ ), RQ ( $0,29 \pm 0,17$ ), CZ ( $0,35 \pm 0,16$ ) e Mg ( $0,46 \pm 0,18$ ) foram positivas e favoráveis (Tabela 3) e indicam que aves selecionadas para maiores PV42 poderão ter maior resistência à quebra e maiores teores de cinzas, comprimento e quantidade de Mg e MS na tíbia. Segundo BARBOSA (2005), maiores teores de cinzas resultam em maior resistência óssea, conseqüentemente menores problemas de pernas, pois as cinzas estão relacionadas com os teores de minerais, tais como magnésio. Os resultados do presente trabalho estão de acordo com SHIM et al. (2012), que estudaram características de integridade óssea em linhagens de crescimento rápido e lento. Os autores demonstraram que linhagens de crescimento rápido tiveram maior

integridade óssea e continham mais cinzas do que aquelas de crescimento lento. Porém, após as medidas serem padronizadas por unidade de peso corporal aos 42 dias, a densidade da tíbia e percentagem de cinza óssea de frangos de corte de crescimento rápido foram menores do que as dos frangos de crescimento lento. Assim, os autores demonstraram que o crescimento rápido dos frangos de corte está negativamente associado com a integridade óssea das aves.

As estimativas de correlações genéticas negativas e desfavoráveis entre COMP e ESP ( $-0,22 \pm 0,16$ ) e entre COMP e CZ ( $-0,23 \pm 0,17$ ; Tabela 3) evidenciaram que aves com maiores comprimentos de ossos da tíbia estão sujeitas a maior fragilidade óssea, considerando a menor quantidade de cinzas em ossos mais longos e menos espessos. Todavia, a correlação ambiental entre ESP e COMP foi de mesma magnitude, porém de sinal contrário ( $0,22 \pm 0,05$ ), que a correlação genética entre ambas. Portanto, não foi possível indicar a associação genética entre COMP e ESP. A espessura da tíbia foi geneticamente correlacionada com RQ ( $0,30 \pm 0,18$ ) e CZ ( $0,35 \pm 0,17$ ). Se a seleção favorecesse a espessura da tíbia, seriam esperadas aves com maior integridade óssea (maior resistência do osso e maior quantidade de cinzas).

A estimativa de correlação genética entre MS e CZ ( $0,38 \pm 0,22$ ; Tabela 3), que evidencia que maiores quantidades de matéria seca na tíbia estão geneticamente associadas com maiores teores de cinza no mesmo osso, era esperada, dado que as cinzas constituem parte da matéria seca.

Menor quantidade de magnésio foi geneticamente associada com maior resistência de quebra do osso da tíbia ( $-0,66 \pm 0,20$ ; Tabela 3). Estimativas de correlações ambientais (Tabela 3) e fenotípicas (Tabela 4) entre estas características ( $0,07 \pm 0,07$  e  $0,10 \pm 0,05$ , respectivamente), indicaram relação linear de ambas quanto à variação ambiental e associação fenotípica, porém de sentido contrário à correlação genética. Em ossos tibiotarsos, ARAÚJO et al. (2011) não encontraram associação linear fenotípica entre teores de fósforo, potássio e sódio e a resistência de quebra. Trabalhos que pudessem associar o teor de magnésio e a resistência de quebra nos ossos não foram encontrados.

As demais estimativas de correlações ambientais entre as características estudadas (Tabela 3) variaram de  $-0,25 \pm 0,08$ , entre CZ e COMP a  $0,53 \pm 0,05$ , entre PV42 e COMP (Tabela 3). Aquelas de mesmo sinal e de magnitude aproximada das correlações genéticas (PV42 e COMP, PV42 e RQ, CZ e COMP, RQ e ESP, CZ e MS, CZ e RQ) indicaram que as características são associadas tanto por causas genéticas quanto ambientais. Entretanto, para as relações entre PV42 e ESP e COMP e ESP, que apresentaram estimativas de correlações ambientais maiores do que as genéticas, pode-se indicar que um aumento em unidade para uma característica, levará a um aumento no mesmo sentido para a outra por causas ambientais, efeitos genéticos aditivos e não aditivos.

As correlações fenotípicas entre as características estudadas variaram de  $-0,24 \pm 0,04$  entre COMP e CZ a  $0,53 \pm 0,03$  entre PV42 e COMP (Tabela 4), respectivamente. Maiores PV42 estão associados com os maiores valores das demais características, exceto CZ e Mg. RQ também foi positivamente associada com ESP ( $0,38 \pm 0,03$ ) e CZ ( $0,44 \pm 0,04$ ), assim como CZ foi correlacionada positivamente com MS ( $0,35 \pm 0,04$ ). Evidências de associação linear entre características indicadas pelas correlações fenotípicas foram também verificadas pelas respectivas correlações genéticas entre RQ e ESP, RQ e CZ e CZ e MS (Tabela 2).

**Tabela 3.** Estimativas de correlação genética (acima da diagonal) e correlação ambiental (abaixo da diagonal) com respectivos erros-padrão (entre parênteses) entre as características de desempenho e integridade óssea em frangos de corte.

	<b>PV42</b>	<b>COMP</b>	<b>ESP</b>	<b>MS</b>	<b>RQ</b>	<b>CZ</b>	<b>Mg</b>
<b>PV42</b>		0,53(0,11)	0,16(0,15)	0,41(0,2)	0,29(0,17)	0,35(0,16)	0,46(0,18)
<b>COMP</b>	0,53(0,05)		-0,22(0,16)	0,13(0,22)	-0,10(0,20)	-0,23(0,17)	-0,12(0,22)
<b>ESP</b>	0,36(0,06)	0,22(0,05)		-0,06(0,23)	0,30(0,18)	0,35(0,17)	-0,46(0,21)
<b>MS</b>	-0,04(0,08)	0,06(0,07)	-0,02(0,07)		-0,10(0,26)	0,38(0,22)	-0,17(0,30)
<b>RQ</b>	0,33(0,07)	0,06(0,07)	0,41(0,06)	0,13(0,07)		0,55(0,15)	-0,66(0,20)
<b>CZ</b>	-0,16(0,10)	-0,25(0,08)	-0,01(0,08)	0,37(0,07)	0,39(0,07)		-0,52(0,20)
<b>Mg</b>	0,05(0,08)	-0,02(0,07)	0,10(0,07)	0,10(0,07)	0,07(0,07)	-0,07(0,08)	

PV42 = peso corporal aos 42 dias de idade (g); Comp = comprimento da tíbia (mm); Esp = espessura da tíbia (mm); MS = matéria seca (%); RQ = resistência à quebra (kgf/mm); Cz = cinzas (%); Mg = teor de magnésio (ppm).



**Tabela 4.** Estimativas de correlações fenotípicas com seus respectivos erros-padrão (entre parênteses) entre as características de desempenho e integridade óssea em frangos de corte.

	<b>PV42</b>	<b>COMP</b>	<b>ESP</b>	<b>MS</b>	<b>RQ</b>	<b>CZ</b>	<b>Mg</b>
<b>PV42</b>							
<b>COMP</b>	0,53 (0,03)						
<b>ESP</b>	0,28 (0,03)	0,08(0,03)					
<b>MS</b>	0,10 (0,05)	0,08(0,05)	-0,03(0,05)				
<b>RQ</b>	0,31 (0,04)	0,01(0,04)	0,38(0,03)	0,08(0,04)			
<b>CZ</b>	0,07 (0,05)	-0,24(0,04)	0,12(0,05)	0,35(0,04)	0,44(0,04)		
<b>Mg</b>	-0,11 (0,05)	-0,05(0,05)	-0,04(0,05)	0,05(0,05)	-0,10(0,05)	-0,20(0,05)	

PV42 = peso corporal aos 42 dias de idade (g); Comp = comprimento da tíbia (mm); Esp = espessura da tíbia (mm); MS = matéria seca (%); RQ = resistência à quebra (kgf/mm); Cz = cinzas (%); Mg = teor de magnésio (ppm).

#### 4. CONCLUSÃO

As características de desempenho corporal e integridade óssea analisadas, respondem à seleção nesta população. Aves selecionadas para maiores pesos aos 42 dias de idade poderão ter maior resistência à quebra e maiores teores de cinzas, comprimento e quantidade de Mg e matéria seca na tíbia, porém o aumento na integridade óssea não é suficiente para acompanhar o crescimento. Isto poderia levar as aves a terem problemas de locomoção e perdas econômicas durante o processamento da carcaça.

#### 5. REFERÊNCIAS

ABREU, V.M.N.; ABREU, P.G. Qualidade de carcaça e o manejo na produção.

Acessado em 10 abril 2012. Online. Disponível na Internet: <http://www.cnpsa.embrapa.br/?/artigos/2002/artigo-2002-n020.html;ano=2002>.

ADEYINKA, I.A.; ONI, O.O.; NWAGU, B.I.; ADEYINKA, F.D. Genetic parameter estimates of body weights of naked neck broiler chickens. **International Journal Poultry Science**, v. 5, p. 589 - 592, 2006.

ARAÚJO, G.M.; VIEITES, F.M.; BARBOSA, A.A.; CARAMORI JUNIOR, J.G.; SANTOS, A.L.; MORAES, G.H.K.; ABREU, J.G.; MULLER E.S. Variação aniônica da dieta sobre características ósseas de frangos de corte: resistência à quebra, composição orgânica e mineral. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n.4, p.954-961, 2011.

BARBOSA, A.A. Avaliação da qualidade óssea mediante parâmetros morfométricos, bioquímicos e biomecânicos em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.772-778, 2010.

CUNHA JUNIOR, A. **Procedimentos analíticos para determinação de minerais**. Embrapa Suínos e Aves. 22fl. 2005.

GAYA, L. G.; MOURÃO, G. B.; REZENDE, F. M.; MATTOS, E. C.; FILLHO, T. M.; FIGUEIREDO, G. G.; FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P. Genetic trends of abdominal fat content in a male broiler chicken line. **Genetics and Molecular Research**, v.4, n.4, p.760-764, 2005.

HAVENSTEIN, G.B. ; FERKET, P. R.; QURESHI, M. A.. Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. **Poultry Science**, n. 82, p.1509 . 1518, 2003.

LE BIHAN-DUVAL, E.; MIGNON-GRASTEAU, S.; MILLET, N.; BEAUMONT, C. Genetic analysis of a selection experiment on increased body weight and breast muscle weight as well as on limited abdominal fat weight. **British Poultry Science**, v. 39, p. 346 - 353, 1998.

LE BIHAN-DUVAL, E.; BERRI, C.; BAEZA, E.; MILLET, N.; BEAUMONT, C. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body composition in an experimental broiler line. **Poultry Science**, v. 80, p. 839 - 843, 2001.

LE BIHAN-DUVAL, E.; DEBUT, M.; BERRI, C.M.; SELIER, N.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V.; JÉGO, Y.; BEAUMONT, C. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. **BMC Genetics**, v. 9, p. 53 - 59, 2008.

LOTFI, E.; ZEREHDARAN, S.; AZARI, M.A. Genetic evaluation of carcass composition and fat deposition in Japanese quail. **Poultry Science**, v. 90, p. 2202 . 2208, 2011.

MAZZUCO, H.; HESTER, P.Y. The effect of an Induced Molt and a second cycle of lay on skeletal integrity of White Leghorns. **Poultry Science**, v. 84, p. 771 - 781, 2005.

MEYER, K. WOMBAT . A tool for mixed model analyses in quantitative genetics by REML. J. Zhejiang Uni. Sci. 2007; v. 8, p. 815 . 21. [doi:10.1631/jzus.2007.B0815].

RATH, N.C.; HUFF, G.R.; BALOG, J. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. **Poultry Science**, v.79, p.1024 - 1032, 2000.

SA, L.M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H. S. et al. Calcium requirement for bchicks from 22 to 42 and 43 to 53 days old. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 397 - 406, 2004.SCHREIWEIS, M.A.; HESTER, P.Y.; MOODY, D.E. Identification of quantitative trait loci associated with bone traits and body weight in an F2 resource population of chickens. **Genetics, Selection, Evolution**, v. 37, p. 677 - 698, 2005.

SINGH, R.; TREHAN, P.K. Genetic and phenotypic parameters of body and muscle weights and abdominal fat in meat-type chicken. **Indian Journal Animal Science**, v. 64, p. 388 - 392, 1994.

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, p. 1790 - 1795, 2012.

STRINGHINI, J. H.; LABOISSIÉRE, M.; MURAMATSU, K.; LEANDRO, N. S. M.; CAFÉ, M. B. Avaliação do Desempenho e Rendimento de Carcaça de Quatro Linhagens de Frangos de Corte Criadas em Goiás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 183 - 190, 2003.

THORP, B.H.; WADDINGTON D. Relationship between the bone pathologies, ash and mineral content of long bone in 35-day-old broiler chickens. **Research in Veterinary Science**, v. 62, p. 67 - 73, 1997.

VAYEGO, S. A.; DIONELLO, N. J. L.; FIGUEIREDO, E. A. P. Estimativas de Parâmetros e tendências genéticas para algumas características de importância econômica em linhagem paterna de frangos de corte sob seleção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1230 - 1235, 2008.

VENTURINI, G.C. **Associações genéticas com o marcador alfa actina<sup>1</sup> e variabilidade genética de características de importância econômica de frangos de corte**. 2013. 70f. Tese (Doutorado) . Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo.

VIANNA, C. F. A.; SILVA, M. A.; PIRES, A. V.; FONSECA, R. da; SOARES, P. R. Influência de grupos genéticos e de níveis de energia sobre características de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1067 - 1073, 2000.

WHITEHEAD, C. C. Bone biology and skeletal disorders in poultry. Oxford: Carfax Publishing Co., 1992, 374p.

WHITEHEAD C.C. Overview of bone biology in the egg-laying hen. **Poultry Science**, v. 83, p. 193 . 9, 2004.

XU, T.S.; LIU, X.L.; HUANG, W.; HOU, S.S. Estimates of genetic parameters for body weight and carcass composition in pequin ducks. **Journal Animal Veterinary Advances**, v.10, n. 1, p. 23 - 28, 2011.

ZEREHDARAN, S.; VEREIJKEN, A.L.J.; VAN ARENDONK, J. A. M.; VAN DER WAAIJ, E. H. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. **Poultry Science**, v. 83, p. 521 . 525, 2004.

ZHOU, H. ; DEEB, N.; EVOCK-CLOVER, C. M.; MITCHELL, A. D.; ASHWELL, C. M.; LAMONT, S. J. Genome-wide linkage analysis to identify chromosomal regions affecting phenotypic traits in the chicken. III. skeletal integrity. **Poultry Science**, v. 86, p. 255 - 266, 2007.