

AVALIAÇÃO DE FONTES DE CÁLCIO PARA FRANGOS DE CORTE

Elaine Barbosa Muniz

Professor do Centro de Ciências Agrárias - UNIOESTE, Mal. Cdo. Rondon – PR ebmuniz@yahoo.com.br

Alex Martins Varela de Arruda

Professor do Depto de Ciências Animais - UFERSA, Mossoró – RN alexmv@ufersa.edu.br

Edison José Fassani

Professor do Depto de Zootecnia - UNIFENAS, Alfenas – MG (fassani@unifenas.br)

Antônio Soares Teixeira

Professor do Depto de Zootecnia - UFLA, Lavras – MG (asteixeira@ufla.br)

Elzania Sales Pereira

Professor do Depto de Zootecnia – UFC, Fortaleza – CE (elzaniasp@yahoo.com.br)

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de cálcio na dieta de frangos de corte de 1 a 28 dias, sobre o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, teor de cinzas e cálcio na tíbia, comprimento longitudinal e transversal da tíbia e retenção cálcio. O experimento teve duração de 31 dias sendo utilizados 576 pintainhos de um dia de idade, da linhagem cobb. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo as fontes constituídas por carbonato de cálcio, carbo-quelato de cálcio e calcário calcítico de duas jazidas distintas, A e B, respectivamente, sendo todas elas também avaliadas quanto a granulometria, solubilidade e pH. O consumo de ração apresentou diferença significativa para as fontes de cálcio, porém nenhuma das fontes de cálcio influenciou a conversão alimentar, provavelmente devido ao efeito fisiológico compensatório observado sobre o ganho em peso das aves. Com relação a mineralização óssea (tíbia), não houve influência significativa das fontes de cálcio, porém, com relação ao diâmetro e comprimento da tíbia, os calcários calcíticos A e B se destacaram pelos melhores resultados quando comparados ao carbo-quelato de cálcio.

Palavras - Chave : Aves. Calcário. Desempenho. Nutrição. Ossos.

EVALUATION OF CALCIUM SOURCES TO THE BROILER CHICKENS

ABSTRACT - This work had as objective to evaluate the effect of different calcium sources in the diet of broiler chickens with 1 to 28 days of age, on the food intake, live weight gain, feed conversion, level of ashes and calcium in the tibia bone, longitudinal and transversal length of the tibia bone and retention calcium. The experiment had duration of 31 days being used 576 chicks of one day of age, with the cobb line ancestry. It was used entirely randomized design, being the sources consisting of calcium carbonate, calcium carbo-quelate and limestone (calcareous rock) of two distinct deposits, A and B, respectively, being all they also evaluated to the granulometer, solubility and pH. The food intake showed significant difference for the calcium sources, however none of the calcium sources influenced the feed conversion, probably to the observed compensatory physiological effect on the live weight gain of the broiler chicks. With regard to the bone mineralization (tibia), it did not have significant influence of the calcium sources, however, with relation to the diameter and length of the tibia bone, the limestones A and B showed the best values when compared with the calcium carboquelate.

Keywords: Bones. Limestone. Chickens. Nutriton. Performance.

INTRODUÇÃO

Os minerais possuem papel importante na nutrição de frangos de corte, pois uma deficiência ou excesso dietético impossibilita a expressão do máximo desempenho na fase de crescimento. Entre os macrominerais, o cálcio destaca-se por ser essencial à estrutura óssea e ao metabolismo corporal, distribuído nos fluidos e tecidos do

corpo. Alguns exemplos da necessidade de cálcio pelas aves referem-se à formação e manutenção dos ossos, formação da casca do ovo, transmissão de impulsos nervosos, coagulação sanguínea, contração muscular, ativador de sistemas enzimáticos, coadjuvante na secreção de alguns hormônios, entre outros (MACARI et.al., 2002; UNDERWOOD, 1999).

A deposição de cálcio no esqueleto é mais intensa na fase de crescimento, assim, o conteúdo de cálcio no organismo dos pintainhos aumenta de maneira rápida na fase inicial, chegando ao final do primeiro mês de vida a 80% do total de cálcio da ave adulta. Uma suplementação mineral inadequada durante a fase de crescimento terá como consequência um desequilíbrio na homeostase mineral e desenvolvimento inapropriado dos ossos das aves, ou seja, calcificação anormal dos ossos. No entanto, o cálcio em excesso pode agir como antagonista dificultando a absorção de alguns minerais tais como ferro, cobre, zinco, magnésio, sódio, potássio, entre outros (SMITH & KABAJA, 1984; WALDROUP, 1996). O raquitismo em animais jovens caracteriza uma doença carencial de cálcio assim como a osteomalácia em animais adultos, constatando-se fragilidade óssea, arqueamento esquelético, alargamento das juntas, dificuldade locomotora, defeitos anatômicos, fraturas, entre outros. Os sinais de deficiências leves são redução no consumo e no desempenho (MCDOWELL, 1992).

O cálcio, o fósforo e a vitamina D são elementos intimamente associados no metabolismo animal, muitas vezes combinados entre si, de modo que a carência de um deles na dieta limita o desempenho das aves (MACARI et al., 2002). As exigências das aves variam de acordo com a raça ou linhagem, função ou categoria produtiva, sendo estabelecidas pelo método fatorial e experimental alimentar, constatando-se que a exigência para máxima mineralização óssea não é a mesma para máximo crescimento. Assim, a biodisponibilidade das fontes de cálcio influenciam no nível de suplementação, pois as fontes de origem vegetal são menos biodisponíveis que as de origem animal e estas menos ainda que as de origem mineral, exceto em relação a alguns quelatos orgânicos pela variabilidade em sua eficiência ou velocidade absorptiva (MCDOWELL, 1992).

Os alimentos de origem vegetal, normalmente milho e soja, constituem a base da alimentação de aves e possuem teores de cálcio em níveis insuficientes para suprir as exigências nutricionais. Desta forma, há necessidade de fazer uma suplementação de cálcio na dieta para atender estas exigências, ressaltando que a origem da fonte de cálcio pode afetar sua utilização e influenciar a mineralização óssea e performance das aves (GUINOTTE et al. 1991; SÁ et al., 2004). O cálcio ocorre abundantemente na natureza e as fontes minerais mais utilizadas

são calcário calcítico ou dolomítico, carbonato, sulfato e fluoreto de cálcio, fluorapatita e fosfatos de rocha defluorizado, tendo estas fontes biodisponibilidade variáveis (GEORGIEVSKII, 1982; FIALHO et al., 1992).

A grande variação da disponibilidade do cálcio nos alimentos deve-se principalmente à composição química e associação física do cálcio com outros componentes, formando em alguns casos compostos de baixa solubilidade e disponibilidade (MCNAUGHTON E DEATON, 1981; NUNES 1998). Atualmente, Sá et al. (2004) determinaram a disponibilidade relativa de cálcio para fosfato bicálcico em 99%, calcário calcítico em 84% e calcário dolomítico em 75%. Segundo o NRC (1994), a biodisponibilidade de cálcio no calcário dolomítico varia de 50 a 75 %, enquanto no calcário calcítico situa-se próximo de 90%. Tais variações devem-se ao fato do calcário calcítico possuir cristais com alternadas camadas de íons cálcio e carbonato (calcita), enquanto, no calcário dolomítico o magnésio substitui parte do cálcio, resultando em cristais mais densos e menos solúveis, além do magnésio também ser antagonico ao cálcio, podendo influenciar o mecanismo de absorção intestinal. Assim, a disponibilidade de cálcio no calcário dolomítico é menor do que no calcário calcítico devido a sua maior complexidade estrutural (ROSS et al., 1984). Adicionalmente, Furtado (1991) e Bessa (1992) concluíram em suas pesquisas que as fontes de cálcio que apresentam fósforo na sua constituição molecular tendem a proporcionar menores teores de cinzas nos ossos em relação a fontes exclusivas de cálcio, possivelmente em virtude de uma menor biodisponibilidade nutricional de cálcio para as aves.

Por outro lado, a facilitação absorptiva de minerais na forma de complexos ou quelatos orgânicos previnem a conversão em compostos insolúveis não absorvíveis ou diminuem a competição entre nutrientes, e desta forma, na nutrição mineral, referem-se aos produtos formados pelo íon metálico e uma molécula ligante através de um ou mais átomos doadores de elétrons, denominados agentes ligantes ou quelantes. No entanto, os quelatos podem adquirir notável estabilidade e se tornam tão estáveis que o íon metálico é liberado com grande dificuldade, enquanto outros agentes sequestrantes apresentam fácil liberação e alta absorção (KINCAID, 1989). Existem três tipos de quelatos de importância nutricional: (a) os quelatos que não modificam as propriedades

físico-químicas do ligante e não afetam a capacidade de absorção e transporte pelas membranas celulares, propiciando melhor eficiência de aproveitamento do mineral, como aminoácidos ou polipeptídeos, mono ou polissacarídeos, leveduras enriquecidas com minerais e outros; (b) quelatos metabólicos que existem naturalmente nos animais como hemoglobina, metaloenzimas, citocromos, entre outros; (c) quelatos que interferem na utilização de minerais essenciais chamados “acidentais” sem função ou valor biológico (fitatos/oxalatos) indisponibilizando de certa forma os minerais (PATTON, 1990).

A suplementação de cálcio depende da variabilidade e disponibilidade de ingredientes nas rações, potencial genético dos animais, nível de energia da dieta, doenças e desafio sanitário do ambiente, densidade populacional, temperatura, umidade e ventilação (ambiência), crescimento compensatório, interações nutricionais e/ou alimentares, manejo e nível de estresse na criação, suplementação de vitamina D, integridade do intestino, fígado e rins, entre outros (McDOWELL, 1992). Portanto, torna-se necessário conhecer melhor a disponibilidade de cálcio nas fontes suplementares dietéticas para adequação de estratégias nutricionais pertinentes ao sistema de exploração zootécnico praticado na avicultura.

Diante deste contexto, o trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência de diferentes fontes de cálcio sobre o desempenho e mineralização óssea em frangos de linhagem de corte no período de 1 a 28 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi executado em um galpão convencional avícola, no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de Lavras. Foram utilizados 576 pintainhos de um dia de idade, da linhagem Cobb, vacinados contra as doenças Marek e Bouba Aviária. Os animais foram alojados em baterias metálicas padronizadas de quatro andares cada uma, com três gaiolas por andar perfazendo 48 gaiolas, e cada gaiola medindo 94x94x32cm, contendo comedouro e bebedouro tipo calha, além de sistema de aquecimento e iluminação com lâmpadas incandescentes de 60W de potência. Os animais foram posteriormente distribuídos em 48 boxes constituindo 12 aves em cada unidade experimental.

As aves foram distribuídas aleatoriamente para receberem as quatro rações experimentais contendo as diferentes fontes de cálcio, através de um delineamento inteiramente casualizado, sendo usadas as fontes 1) carbonato de cálcio, 2) carbo-quelato de cálcio, 3) calcário calcítico A e 4) calcário calcítico B, sendo que A e B referem-se a duas jazidas situadas em regiões distintas de extração de calcário. O período experimental teve duração de 31 dias, sendo que do 1^o ao 28^o dia foi usado para mensuração do consumo de ração, ganho em peso vivo e conversão alimentar, e os três dias finais do período foram utilizados para abate comparativo e coleta de amostras de tecido ósseo, além da coleta de excretas para determinação da absorvabilidade/disponibilidade das fontes de cálcio das rações.

As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o experimento, e semanalmente, as sobras de alimento e as aves de cada unidade experimental foram pesados para permitir a avaliação do desempenho produtivo. As rações experimentais foram isoprotéicas, isocalóricas e isofósforicas, formuladas conforme recomendações nutricionais de Rostagno *et al.* (1994) para conterem em média 20,50% PB, 2900 kcal EM /kg e 0,48% P_d, à base de milho grão e farelo de soja, suplementadas com minerais e vitaminas. Os ingredientes básicos das rações foram analisados no laboratório de nutrição animal seguindo as técnicas e metodologias seguintes: os teores de proteína bruta pelo método Kjeldahl (nitrogênio total), a energia em bomba calorimétrica, o cálcio por permanganatometria e o fósforo por colorimetria (Silva, 1990; AOAC, 1990). Os teores dos demais nutrientes foram calculados a partir de Rostagno *et al.* (1994).

A proporção dos ingredientes e a composição químico-energética das rações experimentais são apresentadas na Tabela 1.

Para determinação dos teores de cinzas e cálcio na tibia a partir do 29^o dia de idade, foram selecionadas 2 aves de cada unidade experimental, individualmente marcadas com anilhas e posteriormente sacrificadas para retiradas de ossos (tibia). As amostras foram fervidas em água para serem descarnadas e posteriormente lavadas com água destilada para retirar os resíduos de carne, a fíbula e a cartilagem proximal e distal. Em seguida foram colocadas em estufa 105^o C por 24 horas e após este período foram colocadas em extrator de gordura utilizando éter etílico para desengordurá-las. Por aproximadamente cinco dias, o éter foi

Tabela 1 - Fórmula percentual e composição químico-energética das rações experimentais.

Ingredientes	Tratamentos - Fontes de Cálcio			
	CaCO ₃	Carbo-Quelato Ca	Calcário A	Calcário B
Milho Moído	52,53	52,53	52,53	52,53
Farelo de Soja	34,42	34,42	34,42	34,42
Óleo de Soja	4,69	4,69	4,69	4,69
Sal comum	0,38	0,38	0,38	0,38
DL-Metionina	0,145	0,145	0,145	0,145
Avilamicina (10%)	0,005	0,005	0,005	0,005
Cloreto de Colina	0,070	0,070	0,070	0,070
Suplemento vitamínico e mineral *	0,08	0,08	0,08	0,08
Fosfato monoamônio	1,56	0,53	1,56	1,56
CaCO ₃ p.a	1,94	-	-	-
Carbo-quelato Ca	-	7,15	-	-
Calcário A	-	-	2,06	-
Calcário B	-	-	-	2,02
Areia lavada	4,18	-	4,06	4,10
Total (kg)	100	100	100	100
Nutrientes				
Proteína Bruta (%)	20,50	20,50	20,50	20,50
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	2991	2991	2991	2991
Lisina total (%)	1,0	1,0	1,0	1,0
Metionina + Cistina total (%)	0,78	0,78	0,78	0,78
Cálcio total (%)	0,90	0,90	0,90	0,90
Fósforo disponível (%)	0,48	0,48	0,48	0,48

* Vit. A-15.000.000 UI, Vit. D3-1.500.000 UI, Vit. E-15.000UI, Vit. B1 -2,0 g, Vit. B2 -4,0 g, Vit. B6 -3,0 g, Vit. B12 -0,015 g, Ácido nicotínico-25 g, Ácido pantotênico-10 g, Vit. K3- 3,0 g, Ácido fólico-1,0 g, Colina- 250 g, Bacitracina de Zn-10 g, Se-100 mg, BHT-10 g; Fe-80 g, Cu-10 g, Co-2 g, Mn-80 g, Zn-50 g, I-1g.

trocado para retirar a gordura, e em seguida os ossos foram retirados do éter, secados a temperatura ambiente e novamente levados à estufa 105° C por 24 horas para determinação da matéria seca do osso desengordurado. Posteriormente, efetuou-se um radiografia dos ossos para avaliar as medidas de comprimento e diâmetro do osso com auxílio de um paquímetro.

Após este procedimento, as tíbias foram trituradas em almofariz, transferidas para cadinhos de porcelana de 50 ml e colocados em mufla a 600° C por 8 horas, em seguida esfriadas em dessecador, pesadas e determinadas as percentagens de cinzas. Sequencialmente, realizou-se a digestão das cinzas com 20ml de HCL a 50% em chapa aquecida a 200° C, e a solução obtida foi filtrada através com papel de filtro livre de cinzas em um balão volumétrico de 100ml, completando o volume com água destilada, e assim, a solução foi utilizada para determinação do cálcio pelo método da permanganometria.

No período compreendido entre 29^a e 31^a dia foram selecionadas 4 aves por parcela para determinação do balanço de cálcio (disponibilidade dietética) em função da análise dos ingredientes da ração e das excretas coletadas destas unidades experimentais. A técnica utilizada foi de mensuração do consumo voluntário e coleta total de excretas das aves. As

excretas foram armazenadas em sacos plásticos e guardadas em freezer até o final do 3° dia, sendo posteriormente pesado, homogeneizado e retirada uma amostra representativa de cada unidade experimental. Em seguida foi efetuada a pré-secagem deste material em estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas, e posteriormente processada em moinho tipo Willey com peneiras de 1mm. Uma amostragem de 10g das excretas de cada repetição foi usada para determinação da matéria seca definitiva, e sequencialmente submetidas a determinação do cálcio pelo mesmo procedimento dos ossos das tíbias (permanganometria). O balanço ou absorção de cálcio foi obtido pela diferença entre o consumo de cálcio e excreção de cálcio pelas aves, comparativamente aos ensaios de digestibilidade ou metabolismo de nutrientes.

As determinações da biodisponibilidade relativa de cálcio das fontes em estudo foram avaliadas pelo método das abcissas, envolvendo níveis de cálcio da fonte padrão (carbonato de cálcio) como 100% disponível para estabelecer a curva padrão, e também se utilizou o teor de cinzas como critério de resposta para essa determinação. Na Tabela 2 são apresentadas as avaliações granulométricas conforme metodologia de Zanotto e Bellaver (1996); a solubilidade determinada conforme metodologia de Zhang e Coon (1997), e o pH mensurado

Tabela 2. Características granulométricas, solubilidade e pH das fontes de cálcio.

Peneiras	Tratamentos - Fontes de Cálcio			
	CaCO ₃	Carbo-Quelato Ca	Calcário A	Calcário B
2,00mm	0	2	0	0
1,20mm	0	13	1	0
0,60mm	0	10	12	0
0,30mm	0	16	49	0
0,15mm	0	19	25	1
< 0,15mm	100	40	13	99
Solubilidade (%)	99,72	72,84	87,62	96,50
pH	8,14	3,20	8,52	8,50

conforme método citado por Krause *et al.* (1994), para as fontes de cálcio deste estudo.

A análise estatística envolveu análise de variância e teste de médias, as quais foram realizadas através do programa computacional SAEG - Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de desempenho dos frangos de corte de 1 a 28 dias em função das fontes de cálcio são apresentados na Tabela 3. Pode-se

Especificamente, a absorção de cálcio ocorre principalmente no intestino delgado, de forma passiva intercelular ou ativa via enterócitos (carreador de membrana e bomba Na K ATPase), cuja eficiência absorptiva varia com tipo ou fonte de cálcio, relação Ca:P e vitamina D, pH intestinal, estatus fisiológico, e outros. Assim, quanto maior sua necessidade maior a eficiência de absorção, sendo que a absorção de cálcio é facilitada pela acidez ou baixo pH intestinal devido a sua solubilidade, ou seja, secreção de HCl gástrico é indispensável para otimizar a

Tabela 3. Desempenho dos frangos de corte de 1 a 28 dias de idade em função das fontes de cálcio nas rações experimentais.

	Tratamentos - Fontes de Cálcio				Média
	CaCO ₃	Carbo-Quelato Ca	Calcário A	Calcário B	
Consumo de Ração (g)	1779 ab	1259 c	1847 a	1724 b	1652
Ganho de Peso (g)	1097 a	762 b	1166 a	1072 a	1024
Conversão Alimentar	1,62	1,65	1,58	1,61	1,62

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade.

observar que o consumo de ração e o ganho em peso apresentaram diferenças significativas para fontes de cálcio ($p < 0,01$). Possivelmente, o pH da fonte pode ter ocasionado uma maior solubilidade no trato digestório, e assim, o cálcio iônico no sangue pode ter elevado rapidamente e inibido o apetite das aves, conforme descrito por Lobaugh *et al.* (1981). As aves que receberam Calcário A na ração em estudo apresentaram o maior consumo e maior ganho em peso quando comparado com as demais fontes de cálcio, o que pode ser explicado parcialmente por sua maior granulometria (Tabela 2), pois as aves têm a capacidade de diferenciar e selecionar o tamanho da partícula dos alimentos, e com isto alterar a permanência da digesta na moela e o tempo de trânsito intestinal, conseqüentemente, a eficiência total do processo digestório.

absorção na parte duodenal do intestino, quando da neutralização da digesta (McDowell, 1992). Por sua vez, a vitamina D entra na célula epitelial intestinal e liga-se ao receptor citosólico que move-se então ao núcleo da célula, seletivamente interage com DNA e aumenta a transcrição de RNA para síntese da proteína transportadora de cálcio (PTCa), sendo o excesso absorvido excretado via sistema renal, especialmente no caso do cálcio na forma de oxalatos e sabões indisponibilizados metabolicamente (MACARI *et al.*, 2002).

As aves que receberam suplementação de cálcio pelo CaCO₃ e Calcário B apresentaram valores de consumo de ração e ganho em peso vivo similares, enquanto os frangos que receberam a ração contendo Carboquelato, exibiram menor consumo e obtiveram menor ganho em peso. Nesta circunstância pode-se

inferir sobre uma melhor disponibilização e utilização metabólica dos nutrientes para atendimento do aporte nutricional necessário para otimizar a fisiologia do crescimento, pois apesar de não se constatar diferenças significativas entre as médias de conversão alimentar, a ração contendo Calcário A propiciou o melhor índice médio, em termos de valores absolutos. No entanto, nenhuma das fontes de cálcio influenciou significativamente a conversão alimentar das aves no período de 1 a 28 dias, o que provavelmente, se deve ao efeito compensatório neste índice, devido a redução ou aumento no consumo ter sido acompanhada por uma diminuição ou elevação do ganho em peso das aves, conforme o tratamento dietético, em concordância com Alves *et al.* (2002).

A deposição mineral e retenção de cálcio em frangos de acordo com as fontes de cálcio são mostrados na Tabela 4. Com relação ao teor de

demais fontes, demonstrando que as diferenças na disponibilidade de cálcio das fontes utilizadas nas rações podem interferir crescimento ósseo das aves na fase inicial. A influência na homeostase do cálcio se relaciona à produção de paratormônio, calcitonina e hidrolase renal para ativação do colecalciferol, ou seja, a absorção intestinal e utilização metabólica (HURWITZ *et al.*, 1995).

Segundo McDowell (1992) e Macari *et al.* (2002), o mecanismo homeostático protege as aves de absorção excessiva ou toxidez, pois altos níveis de cálcio no plasma estimulam a tireóide a secretar calcitonina e via paratireóide inibir o paratormônio, que nos rins, reduz a ativação da 1,25-dihidroxicolecalciferol, ações conjugadas que diminuem o nível de cálcio no plasma devido a menor mobilização óssea e menor absorção intestinal, respectivamente. Por outro lado, baixo nível de cálcio no plasma sinaliza à tireóide ação

Tabela 4. Deposição mineral na tíbia seca e desengordurada e retenção de cálcio em frangos de corte em função das fontes de cálcio nas rações experimentais.

	Tratamentos - Fontes de Cálcio				Média
	CaCO ₃	Carbo-Quelato Ca	Calcário A	Calcário B	
Cinzas (%)	52,13	52,35	51,75	51,50	51,93
Cálcio nas cinzas (%)	35,15	35,17	35,21	35,14	35,17
Comprimento (mm)	74,50a	67,87b	77,62a	75,00a	73,75
Diâmetro (mm)	5,75a	4,50b	5,62a	5,50a	5,34
Retenção de Ca (%)	47,61	45,25	43,61	46,22	45,74

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade

cinzas nos ossos, não foi observada influência significativa das fontes de cálcio nas rações. Apesar do Carboquelato ter propiciado menores valores de desempenho, proporcionou os maiores valores de cinzas na tíbia, possivelmente devido a maior granulometria em relação às demais fontes de cálcio (Tabela 2), e seu efeito sobre a disponibilidade de cálcio, tempo de retenção no trato digestório e pH sobre a solubilidade e absorvabilidade. As aves que receberam o Calcário A e B na ração não externaram diferenças significativas em relação ao CaCO₃, demonstrando adequado balanceamento e disponibilidade de cálcio nas rações para garantir proporcional intensidade de crescimento, ou seja, uma deposição de cálcio satisfatória para mineralização óssea, em concordância com Bessa (1992) e Anderson *et al.* (1984). Para a variável diâmetro da tíbia, constatou-se diferença significativa para as fontes de cálcio (P<0,01). O Carboquelato propiciou menor diâmetro e comprimento da tíbia quando comparado com as

reduzora na secreção de calcitonina e estimula a paratireóide a secretar paratormônio, elevando a ativação da vitamina D₃, ações simultâneas que aumentam a mobilização de cálcio ósseo e elevam a absorção de cálcio intestinal via aumento na concentração de proteína transportadora de cálcio (PTCa), respectivamente. Portanto, a concentração de cálcio nos ossos refere-se a um depósito dinâmico devido aos processos de remodelagem e renovação para ajuste do cálcio plasmático, na forma ionizada ou complexada, e em ácidos orgânicos ou fosfatos e sulfatos.

Assim, a influência da suplementação dietética de cálcio sobre a deposição mineral e retenção de cálcio torna-se extremamente relevante pela constatação de que os ossos são tecidos metabolicamente ativos e multifuncionais, pois compreendem populações de células como osteoblastos, osteoclastos, células endoteliais, condrócitos, macrófagos e linfócitos, produzindo uma grande variedade de

reguladores biológicos, como paratormônio, estrógeno, vitamina D₃, prostaglandina, citocinas e IGF, que coordenam as atividades do metabolismo ósseo visando um aumento em diâmetro e comprimento durante o crescimento das aves, a formação da matriz orgânica, sua mineralização e reabsorção da apatita óssea (Tardin, 1995).

Uma inferência exemplar sobre o frango de corte geneticamente melhorado para velocidade de crescimento refere-se a zona de crescimento ósseo mais irregular e mais espessa que das aves poedeiras na mesma fase de crescimento, chamada deformações angulares valgus (para dentro) ou varus (para fora), sem encurtamento dos ossos nem retardamento no crescimento longitudinal na zona de crescimento ósseo, ao contrário da cardiostrofia (perose), enquanto a rotação da tíbia e a discondroplasia tibial, o aumento nestas incidências ou desordens pode ter fator determinante na manipulação da relação cátion-aniónica da dieta, em especial, nos efeitos sobre a homeostase de cálcio. Já a condrodistrofia óssea refere-se por sua vez a uma desordem generalizada na zona de crescimento dos ossos longos, mas mineralização e crescimento lateral (diâmetro) são aparentemente normais nas aves, ou seja, encurtamento dos ossos longos e engrossamento da junta tíbio-tarso, resultando em grau variável de angulação (deformação valgus-varus), sendo observado na zona de proliferação a falta de condrócitos por hipertrofia, e assim, o recebimento de nutrientes por difusão denota a inadequada nutrição ou deficiências em minerais, especialmente o cálcio e suas interações metabólicas, gerando anomalias subclínicas de grande impacto na rendimento produtivo da avicultura de corte (THORP, 1992; TARDIN, 1995).

Com relação aos valores de biodisponibilidade relativa de cálcio para as fontes testadas, o Carboquelato, Calcário A e B foram estimados pela percentagem de cinzas na tíbia e resultaram nos seguintes valores: 121, 103 e 95 %, respectivamente. Estes valores podem ter sido influenciados pelo grau de moagem ou pelo tamanho de partícula das fontes testadas, visto

que a granulometria e o pH das mesmas foram diferentes. Segundo Griffith e Schenaider (1970), a maior disponibilidade de cálcio nas fontes cujas partículas são maiores, ocorrem devido a maior retenção da digesta na parte inicial do trato digestório, e tal retenção propicia maior período de permanência em ambiente ácido, ocasionando maior solubilidade de cálcio e conseqüentemente uma melhor absorção do mineral.

A biodisponibilidade dos minerais quelatados pode ser influenciada por diversos aspectos alimentares ou interações nutricionais, saúde do animal e fatores estressantes, além de aspectos químicos dos modos de ação destes suplementos minerais como o equilíbrio e a cinética das reações de substituição do íon metálico e do ligante, o comportamento ou potencial de oxido-redução do íon e do ligante (PATTON, 1990). A maior biodisponibilidade de cálcio a partir do Carboquelato observada neste estudo pode ser justificada através dos estudos de Ferket *et al.* (1991), Kincaid (1989) e Spears (1991), que relatam a maior eficiência dos minerais quelatados em relação às fontes inorgânicas para suprir as exigências minerais, em virtude da facilidade de absorção pelo epitélio intestinal e passagem para a corrente sanguínea da molécula intacta, uma proteção ao mineral quelatado em relação aos interferentes do processo absorptivo intestinal, representando teoricamente o suprimento de sua exigência com maior velocidade, e analogamente à suplementação com minerais orgânicos, exemplifica-se o uso de aminoácidos essenciais em relação aos não-essenciais. Outros aspectos pertinentes referem-se à diminuição da competição entre íons metálicos, especialmente cátions divalentes e carreamento por rotas metabólicas distintas de liberação e metabolização nas células. Por fim, as variações de pH no trato digestório (efeito protonador/desprotonador) afetam a estabilidade e a biodisponibilidade do tipo de mineral quelatado.

Finalmente, inferências plausíveis com base nos programas de alimentação adotados na exploração zootécnica avícola, para expressão fenotípica do potencial genético do frango de

Tabela 5. Biodisponibilidade relativa das fontes de cálcio baseado no teor de cinza na tíbia¹

FONTE	Cinzas Ósseas (%)	(X ₁) ³	(X ₂) ⁴	(X ₂ /X ₁) ⁵
CaCO ₃ ²	-	-	-	100
Carboquelato Ca	52,15	0,75	0,91	121
Calcário A	50,85	0,75	0,77	103
Calcário B	50,39	0,75	0,71	95

¹Valores calculados pelo método das abscissas ; ²Atribui-se ao carbonato de cálcio um valor de 100% de disponibilidade de Ca ; ³ Nível de Ca Correspondente da fonte testada ; ⁴ Nível de Ca Correspondente da fonte padrão ; ⁵ Biodisponibilidade (%).

corte moderno, têm levado nutricionistas a formular dietas com altos níveis em nutrientes ou rações energéticas e a interação entre lipídios e altos níveis de cálcio pode levar a uma saponificação ou formação de sabões de cálcio, comprometendo a absorção deste mineral, porém, inversamente, o uso destas rações com níveis mínimos de cálcio podem levar ao consumo sub-ótimo, especialmente com fontes de cálcio de baixa biodisponibilidade, propiciando anomalias ósseas como resposta à insuficiência em cálcio, como espessamento na zona de crescimento ósseo ou discondroplasia tibial devido a reduzida hipertrofia dos condrócitos (HALLEY *et.al.*, 1987; TARDIN, 1995).

As linhagens ou híbridos dos frangos de corte destacam-se também pela seleção de características como ganho em peso acelerado, massa muscular com pouca gordura, representando demandas crescentes sobre o sistema ósseo, pois, o crescimento dos ossos, cartilagens, tendões, constitui uma seqüência ordenada de eventos que incluem a proliferação e diferenciação de células e a formação da matriz óssea. As anormalidades do crescimento ósseo destas aves parecem resultar da perda de controle metabólico destes eventos com distintas amplitudes e severidades sobre a velocidade de crescimento e desenvolvimento corporal (THORP, 1992). A visão nutricional dos problemas locomotores em frangos de corte não considera os ossos como tecidos de suporte mecânico exclusivamente, mas tecidos heterogêneos e complexos, que além de suportar a musculatura e o peso do animal, está relacionado com o crescimento em suas múltiplas funções de forma organizada e precisamente controlada.

Portanto, os ossos são compostos por uma estrutura orgânica de fibrilas e colágeno com depósito da fase mineral na forma de hidroxiapatita, altamente maleável como reserva de cálcio e fósforo, e prontamente mobilizados para a manutenção do balanço metabólico (RIDDELL, 1992). Além disso, os ossos aumentam longitudinalmente e em diâmetro por processos de modelagem, enquanto os processos de reabsorção e formação do tecido mineralizado que mantém a massa do esqueleto e a morfologia denomina-se remodelagem, prerrogativas fisiológicas importantes que ressaltam a necessidade de melhor conhecimento sobre a biodisponibilidade de cálcio das fontes ou suplementos dietéticos.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o desempenho e desenvolvimento ósseo inferior nas aves que receberam o Carboquelato de cálcio foi compensado por sua maior biodisponibilidade relativa em relação ao Carbonato de cálcio, Calcário A e B, ao manter o padrão de mineralização óssea (tíbia) em índices satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E.L.; TEIXEIRA; A.S; BERTECHINI, A.G.; *et.al.* Efeito dos níveis de cálcio em duas fontes sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciências e Agrotecnologia**, v.26, n.6, p.1305-1312, 2002.

ANDERSON, J. O.; POBSON, D. C., JACK, O. K. Effects of particle size of the calcium fed diets with different calcium and phosphorus level. **Poultry Science**. v.63, 1984. p.311-316.

ASSOCIATION OF OFFICE AGRICULTURAL CHEMISTS. Official Methods Of Analysis Of The Association Of Official Analytical Chemists 15.ed. Arlington: [s.n], 1990.

BESSA, L. H. F. **Biodisponibilidade de cálcio em suplementos de cálcio e fósforo para aves**. 1992. 50f. Dissertação (Mestrado) - Escola de veterinária da UFMG, Belo Horizonte, 1992.

FERKET, P.R. *et al.* Effect of calcium:phosphorous ratios and manganese source on the performance and leg weakness of market toms. **Poultry Science**, v.70, n.41, 1991. Suplemento 1.

FIALHO, E. T.; BARBOSA, H. D.; BELLAVER, C. *et al.* Avaliação nutricional de algumas fontes suplementação de cálcio para suínos-biodisponibilidade e desempenho. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 21, n. 5, p. 891-905, 1992.

FURTADO, M.A.O. **Determinação da biodisponibilidade de fósforo em suplementos de fósforo para aves e suínos**. 1991. 60f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, 1991.

GEORGIEVSKII, V. I. General Information on Minerals. In: GEORGIEVSKII, V. I. ANNENKOV, B. N.; SAMOKHIN.V.T.

- Mineral nutrition of Animal.** London: Butterworths, 1982. p.11-56.
- Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155p.
- GRIFFITH, M. & SCHENAIDER, R. The relation of dietary particle size on the utilization of phosphates by chickens. **Poultry Science**, v. 49, p.1271-1274, 1970.
- NUNES, I.J. **Nutrição Animal Básica.** Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998. 387p.
- GUINOTTE, F.; NYS, Y. The effects of particle size and origin of calcium carbonate on performance and ossification characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, v.70, p.1908-1920, 1991.
- PATTON, R.S. Chelated minerals: what are they, do they work? **Feedstuffs**, v.62, n.9, p.14-17, 1990.
- HALLEY, J.T. Effect of altering dietary mineral balance on the growth, leg abnormalities and blood base excess in broiler chicks. **Poultry Science**, v.66, p.1684-1692, 1987.
- RIDDELL, C. Skeletal disorders of poultry. In: **POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM**, 23, 1992, London – UK, **Palestra...**, London – UK: Carfax Publishing Co., 1992. p.119-145.
- HURWITZ, S.; PLANK, I.; SHAPIRO, A.; et.al. Calcium metabolism and requirement of chickens are affected by growth. **Journal of Nutrition**, v. 125, n.10, p.2679-2686, 1995.
- ROSS, R.D.; CROMWELL, G.L.; STAHLY, T.S. Effects of source and the particle size on the biological availability of calcium in calcium supplements for growing pigs. **Journal Animal Science**, v.59, p.125-134. 1984.
- KINCAID, R. Availability, biology and chelated, sequestered minerals explored. **Feedstuffs**, v.65, n.11, p. 22-58, 1989.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et.al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos.** Viçosa: UFV, 1994. 59p.
- KRAUSE, D. A.; HARRISON, P. C.; EASTER, R. A. Characterization of the nutritional interactions between organic acids and inorganic base in the pig and chick. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 5, p. 1257-1262, May. 1994.
- SÁ, L.M.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F.T. *et al.* Exigências Nutricionais de Cálcio e sua Biodisponibilidade em alguns alimentos para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p. 157- 168, 2004.
- LOBAUGH, B.; JOSHUA, J. G.; MUZZLER, W. J. Regulation of calcium appetite in broiler chickens. **Journal of nutrition**, Philadelphia, v.111, p. 298-306, 1981.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165p.
- MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, L. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte.** Jaboticabal, FUNEP/UNESP, 2002. 375p.
- SMITH, O. B.; KABAJA, E. Effect of high dietary calcium and wide calcium/ phosphorus ratios in broiler diets. **Poultry Science**, v.64, p.1713-1720, 1984.
- McDOWELL, L.R. **Minerals in Animal and Human Nutrition.** New York: Academic Press, 1992. 523p.
- SPEARS, J.W. Bioavailability of organic and inorganic trace minerals explored. **Feedstuffs**, v.63, n.45, p.12-20, 1991.
- McNAUGHTON, J. L.; DEATON. Effect of calcium source and particle on calcium utilization. **Poultry Science**, v.59, n.7, p.1568, 1981. Suplemento. (Abstracts).
- TARDIN, A.C. Visão nutricional dos problemas locomotores em frangos de corte. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. FACTA - SEMANA AVÍCOLA**, 95, 1995, Santos, **Palestra...**Santos, 1995. p.71-85
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry.** 9.ed. THORP, B.H. Abnormalities in the growth of

long bones. In: POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM, 23, 1992, Santos, **Palestra...** Santos: Carfax Publishing Co., 1992. p.147-166.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **Mineral nutrition of livestock**. 3th ed. London: CAB International, 1999. 614 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG**. Viçosa-MG: UFV, 1997. 54p. (Manual - Software)

ZANOTTO, L.D.; BELLAVER, C. **Métodos de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos aves**. [s.l]: EMBRAPA Suínos e Aves, 1996. p.1-5, 1996.

ZHANG, B.; COON, C. N. Improved in vitro methods for determining limestone and oyster shell solubility. **Appl. Poult. Res.** v.6, p. 94-99. 1997.

WALDROUP, P.W. Bioassays remain necessary to estimate phosphorus, calcium bioavailability. **Feedstuffs**, v.68, p.13-20, 1996.