

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

# VITAMINA D<sub>3</sub> E SEUS METABÓLITOS PARA FRANGOS DE CORTE

## VITAMIN D<sub>3</sub> AND ITS METABOLITES FOR BROILERS

Souza, C.S.<sup>1\*</sup> e Vieites, F.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa-MG. Brasil. \*christiane\_s\_souza@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas (ICAT). Rondonópolis-MT. Brasil. fmvieites@yahoo.com.br

### PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Avicultura industrial. Calcitriol. Desempenho. Metabolismo. Suplemento vitamínico.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Calcitriol. Industrial poultry. Metabolism. Performance. Vitamin supplement.

### RESUMO

Objetivou-se revisar os efeitos do uso da vitamina D<sub>3</sub> e seus metabólitos na alimentação de frangos de corte. Na atualidade, a indústria avícola tem buscado programas nutricionais eficazes, para que as aves possam expressar o máximo desempenho produtivo. Para linhagens modernas de frangos de corte, a taxa de crescimento é extremamente elevada, iniciando sobre um suporte esquelético imaturo, o que acarreta um aumento na incidência de perdas no processo produtivo, decorrentes de distúrbios metabólicos e esqueléticos. A vitamina D através de suas ações no intestino, ossos, rins e glândulas paratireoides se faz de importância para a homeostase do cálcio e desenvolvimento de um esqueleto saudável. A vitamina D<sub>3</sub> e seus metabólitos participam da regulação da homeostase de cálcio e fósforo, através do mecanismo que aumenta a captação intestinal destes, diminuindo as perdas renais e estimulando a reabsorção óssea, quando necessário. De modo geral, o uso da vitamina D<sub>3</sub> e seus metabólitos nas rações para frangos de corte têm mostrado que seu uso influencia o crescimento do animal, melhorando o ganho de peso, prevenindo o raquitismo e diminuindo a incidência de discondroplasia tibial. No que se refere aos valores recomendados para as diferentes fases de criação de frangos de corte, ainda são necessárias pesquisas para o estabelecimento dos níveis suplementares dos metabólitos da referida vitamina que poderão ser utilizados na avicultura industrial, de modo a assegurar o atendimento das exigências nutricionais e o adequado desenvolvimento ósseo.

### SUMMARY

This study aimed to review the effects of the use of vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites in feeding broilers. Currently, the poultry industry has sought effective nutrition programs so that the birds can express maximum productive performance. For modern commercial lines of broiler chickens, the growth rate is extremely high, starting about a immature skeletal support, which entails an increase in the incidence of losses in the production process, resulting from skeletal and metabolic disorders. Vitamin D through its actions in the intestine, bones, kidney and parathyroid glands becomes important for calcium homeostasis and development of a healthy skeleton. Vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites participate in the regulation of homeostasis of calcium and phosphorus, through the mechanism that increases the uptake of these intestinal, renal losses and decreasing bone reabsorption stimulating when necessary. In general, the use of vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites in the rations for broilers have demonstrated that its use affects animal growth, improving weight gain, preventing rickets and reducing the incidence of tibial dyschondroplasia. In respect to the recommended values for different developmental phases of creation of broilers, research is necessary for establishing the additional levels of metabolites of vitamin that can be used in the poultry industry, order to ensure the content of nutritional requirements and skeletal development.

### INTRODUÇÃO

A avicultura industrial é um dos setores

mais dinâmicos do agronegócio, gerador de emprego e renda a população de distintas regiões do Brasil, estima-se que 5,5 milhões de pessoas dedicam-se direta e indiretamente a esta cadeia produtiva (Arraes e Talamini, 2011). O montante de carne de frango produzido no Brasil foi de 12,645 milhões de toneladas em 2012, sendo que o país manteve a posição de maior exportador mundial, sendo ainda o terceiro maior produtor, atrás dos Estados Unidos e da China. Da produção total de frangos, 69,0 % foi destinada ao consumo interno, e 31,0 % para exportações (União Brasileira de Avicultura, 2013).

A indústria avícola tem buscado programas nutricionais eficazes, objetivando a redução dos custos e a minimização dos impactos ambientais advindos de excretas da produção animal. Esses programas alimentares balanceados têm sido adotados, visando o suprimento adequado de nutrientes aos animais. Dentre tais nutrientes, têm-se as vitaminas, que são essenciais para o desenvolvimento animal, pois participam como cofatores em reações metabólicas e permitem maior eficiência dos sistemas de síntese no organismo animal (Souza *et al.*, 2013). A suplementação de vitaminas representa 1,0 a 3,0 % dos custos das rações (Félix *et al.*, 2009).

O crescimento de um animal depende do desenvolvimento muscular, contudo, faz-se necessário o suporte ósseo. Os sistemas esquelético, muscular e adiposo das aves são desenvolvidos sequencialmente. Geralmente, em animais de crescimento lento há um perfeito sincronismo de crescimento de cada sistema, priorizando-se o maior desenvolvimento de um ou outro tecido em uma determinada fase, de tal modo que o desenvolvimento animal, como um todo, atinja sua maturidade física. Entretanto, as linhagens modernas de frangos de corte apresentam uma taxa de crescimento do tecido muscular extremamente elevada; iniciando em uma fase muito precoce pós-eclosão sobre um suporte esquelético ainda imaturo, o que acarreta um aumento na

incidência de morbidade, mortalidade e perdas por condenações nos abatedouros causadas por distúrbios metabólicos e esqueléticos, as chamadas doenças da produção, incluindo-se aí a síndrome ascítica, a síndrome da morte súbita e as enfermidades do sistema locomotor (Gonzales e Mendonça Júnior, 2006).

As anormalidades do sistema locomotor têm sido relatadas desde o início da produção confinada de aves. Desde 1930, inúmeras causas das deformidades do esqueleto das aves têm sido identificadas, tais como: nutrição (ímbalços), genética, práticas de manejo, dentre outras que afetam o crescimento e desenvolvimento ósseo (Silva *et al.*, 2001). Os problemas locomotores, particularmente os que levam a mobilidade condicionada e/ou claudicação são comumente observados na metade final do crescimento das aves, fato decorrido pelo aumento do ganho de peso e pelo desenvolvimento desproporcional do peito, criando um desequilíbrio esquelético-biomecânico. Dentre as deformidades ósseas, destacam-se a discondroplasia tibial (DT), que acomete aves na fase inicial de crescimento e os problemas estruturais, que levam as deformidades e distorções dos ossos longos, sobretudo na fase final de crescimento (Barbosa *et al.*, 2010).

As afecções ósseas resultam em diminuição do bem-estar das aves, uma vez que prejudicam o deslocamento destas para alimentar-se e beber água (Coto *et al.*, 2008; Paz *et al.*, 2009). Cabe salientar que os consumidores estão cada vez mais preocupados e atentos quanto ao modo pelo qual o seu alimento foi produzido. Os lotes avícolas que apresentam elevados percentuais de lesões locomotoras induzem a população concluir que os animais foram produzidos com baixo nível de bem-estar (Mendes *et al.*, 2012). As questões ambientais e nutricionais, tais como a má qualidade de cama e das dietas, exercem influência direta na incidência de problemas do sistema locomotor. Desta forma, todos os esforços devem

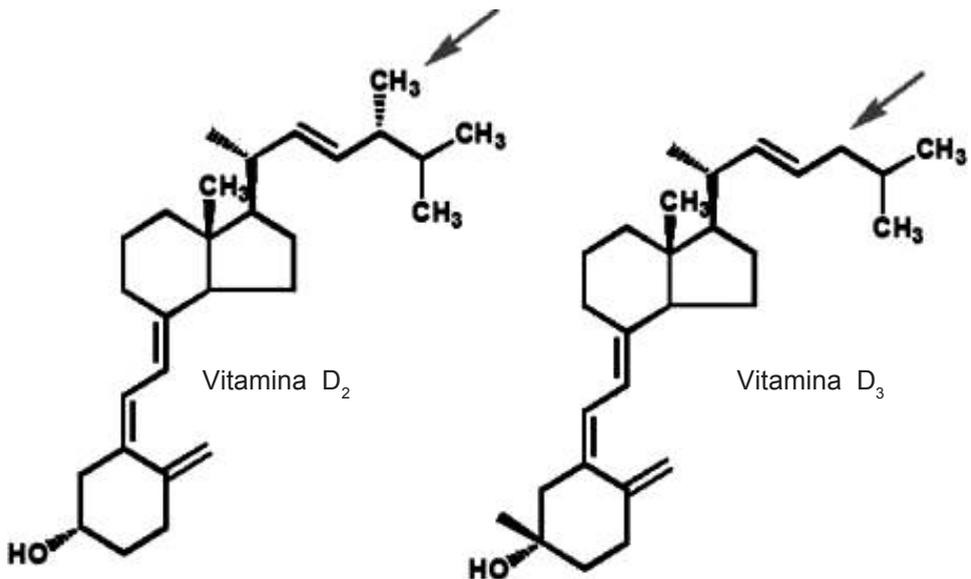
## VITAMINA D<sub>3</sub> E SEUS METABÓLITOS PARA FRANGOS DE CORTE

ser direcionados para a redução das referidas perdas, visando o aumento da lucratividade do produto final, pautado no atual contexto de bem-estar animal (Silva e Vieira, 2010).

Assim, inúmeros programas nutricionais vêm sendo estudados, tais como o suplemento de vitaminas associado ou não a redução de minerais, objetivando a obtenção de dietas que permitam o melhor desempenho produtivo e bem-estar das aves. Dentre os nutrientes investigados, têm-se as diferentes formas e fontes de vitamina D, que tem expressiva participação no metabolismo ósseo, sendo diretamente responsável pelo crescimento esquelético, que dá suporte às aves para obtenção do máximo desempenho produtivo (Brito *et al.*, 2010).

Existem basicamente dois tipos de vitamina D, o ergocalciferol vegetal irradiado

(D<sub>2</sub>) e o colecalciferol animal (D<sub>3</sub>). Para suínos, as formas dietéticas de D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub> são eficientemente utilizadas, contudo, as aves aproveitam melhor a forma D<sub>3</sub> (Peixoto *et al.*, 2012). Tal discriminação refere ao resultado da ligação reduzida dos metabólitos da vitamina D<sub>2</sub> às proteínas ligadoras da vitamina D no sangue, levando a depuração mais rápida dos metabólitos da D<sub>2</sub> do plasma (Hoy *et al.*, 1988). No intestino, a vitamina D participa da síntese da proteína transportadora de cálcio, sendo tal proteína também encontrada nos rins. Essa proteína atua na mobilização do cálcio do osso para o fluido extracelular, ocorrendo a partir de uma ação conjunta do 1,25-dihidroxicolecalciferol e do paratormônio; e na biossíntese de colágeno, principal componente da matriz extracelular do tecido ósseo (Smith *et al.*, 1988).



**Figura 1.** Estrutura química do ergocalciferol (D<sub>2</sub>) e colecalciferol (D<sub>3</sub>). As formas diferem pela presença de uma ligação dupla adicional e um grupo metil incorporados a cadeia lateral da forma biológica D<sub>2</sub> (seta). Fonte: Peixoto *et al.* (2012). (Chemical structure of ergocalciferol (D<sub>2</sub>) and cholecalciferol (D<sub>3</sub>). The forms differ by the presence of an additional double bond and one methyl group incorporated into the side chain of biological form D<sub>2</sub> (arrow).

Diante deste contexto, objetivou-se revisar os efeitos do uso da vitamina D<sub>3</sub> e seus metabólitos na alimentação de frangos de corte.

## A VITAMINA D: FUNÇÕES E METABOLISMO

As vitaminas D são moléculas semelhantes aos esteroides, denominadas seco-esteroides, em função da presença do núcleo peridrociclopentanofenantreno, que por sua vez é composto por quatro anéis (ABCD) fundidos, porém, rompido na ligação do C<sub>9</sub> com o C<sub>10</sub> no anel B desta estrutura (Norman, 1987). Ocorrem principalmente sob duas formas (**figura 1**): o ergocalciferol ou vitamina D<sub>2</sub>, sintetizada na epiderme pela ação da radiação ultravioleta da luz solar (comprimento de onda de 290 a 315 nm) sobre o esteroide vegetal ergosterol, independente de catálise enzimática e o colecalciferol ou vitamina D<sub>3</sub>, a partir do colesterol (Barral *et al.*, 2007). As duas formas são produzidas na epiderme (camada de Malpighi) através de reação de fotólise, na qual os raios ultravioleta B induzem a ruptura do núcleo B dos esteroides precursores (Smith *et al.*, 1988). A vitamina D pode ser obtida pela alimentação ou ser produzida pelo organismo, desde que haja luz suficiente, 11 a 45 minutos/dia para frangos de corte (Pizauro Júnior *et al.*, 2002). Portanto, em locais onde a radiação é reduzida, tal como ocorre em latitudes setentrionais e/ou confinamentos, as aves devem receber suplementação via dieta.

Segundo Castro (2011), a molécula da vitamina D<sub>2</sub> difere da D<sub>3</sub> não apenas pela origem, mas por apresentar um carbono a mais (sendo 28 carbonos na sua estrutura), um grupo metil extra e uma dupla ligação entre os carbonos 22 e 23. As vitaminas D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub> não são biologicamente ativas, sendo convertidas *in vivo* a forma ativa por duas reações sequenciais de hidroxilação. A primeira hidroxilação acontece na posição 25, sendo catalisada pela 25-hidroxilase

específica no fígado. O produto da reação, o 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD<sub>3</sub>), é a forma predominante no plasma, sendo uma importante forma de armazenamento da vitamina. O 25-(OH)D<sub>3</sub> é posteriormente hidroxilado na porção 1 por uma 1 $\alpha$ -hidroxilase específica. O resultado é a formação de 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>) ou calcitriol, metabólito mais potente da vitamina D.

Existe um análogo sintético ao 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>, o 1- $\alpha$ -hidroxicolecalciferol (1 $\alpha$ -(OH)D<sub>3</sub>), que é convertido no fígado, sem que sejam necessárias hidroxilações nos rins (Pizauro Júnior *et al.*, 2002; Barral *et al.*, 2007). A inibição da 1 $\alpha$ -hidroxilase ocorre tanto em quadros de hiperfosfatemia e hipercalcemia, quanto em caso de aumento dos níveis de 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>. Quando há a inibição da 1 $\alpha$ -hidroxilase, o produto 25-(OH)D<sub>3</sub>, ainda pode ser hidroxilado nos rins, no carbono 24, por uma enzima mitocondrial específica (D<sub>3</sub>-24-hidroxilase), resultando na forma inativa 24,25-dihidroxicolecalciferol (24,25(OH)D<sub>3</sub>). O 24,25(OH)D<sub>3</sub> consiste num metabólito biologicamente inativo, cuja concentração está inversamente relacionada ao nível de 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> (Peixoto *et al.*, 2012).

As funções biológicas da vitamina D são exercidas através de sua ligação a receptores celulares específicos, predominantemente nucleares, que regulam a transcrição do DNA em RNA, semelhante aos receptores esteroides, hormônios tireoideanos e retinoides. Tais receptores são expressos em diversos tipos de células: epitélios do intestino delgado e tubular renal, osteoblastos, osteoclastos, células hematopoiéticas, epidérmicas e pancreáticas, linfócitos, miócitos e neurônios (Barral *et al.*, 2007; Dantas *et al.*, 2009).

A vitamina D através de suas ações no intestino, ossos, rins e glândulas paratireoides (DeLuca, 2004) se faz de importância para a homeostase do cálcio e para o desenvolvimento de um esqueleto saudável (Pedrosa e Castro, 2005). A principal função

## VITAMINA D<sub>3</sub> E SEUS METABÓLITOS PARA FRANGOS DE CORTE

da vitamina D consiste no aumento da absorção intestinal de cálcio, estimulando o transporte de cálcio nos enterócitos. O colecalciferol é absorvido no intestino, na presença de lipídios e sais biliares. Na ave, passa para a corrente sanguínea na forma de portomícrons, que por sua vez chegam ao fígado, para posteriores hidroxilações e formação de metabólitos (Rutz, 2008).

Nas células endoteliais do intestino, a 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> estimula a absorção ativa de cálcio no duodeno, regulada pelo estímulo à expressão de proteínas responsáveis pela captação do cálcio pelos enterócitos (TRPV 5 e TRPV 6), de proteínas envolvidas no transporte intracelular do cálcio (calbindina ou proteína transportadora de cálcio, PTCa) e dos canais de membrana ATP-dependentes para a extrusão do cálcio para o fluido extracelular. No jejuno, a absorção é passiva, de modo que a 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> estimula a expressão de paracelinas, proteínas intercelulares que formam canais por onde o cálcio é transferido passivamente por gradiente de concentração (Castro, 2011).

A vitamina D atua na mobilização do cálcio a partir do osso, na presença do paratormônio (PTH), e aumenta a reabsorção renal de cálcio no túbulo distal (Abreu *et al.*, 2009; Dantas *et al.*, 2009), sendo requerida em quantidade adequada para crescimento normal, maturação, mineralização e manutenção do tecido ósseo maduro (Norman e Hurwitz, 1993; Anderson e Toverud, 1994). A principal função dos dihidroxicolecalciferóis consiste em manter as concentrações séricas de cálcio e fósforo em níveis adequados para o processo normal e contínuo de mineralização do osso (Smith *et al.*, 1988).

Além disso, a 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> é um importante regulador do desenvolvimento do tecido ósseo porque assegura fonte adequada de cálcio e fósforo a partir do trato gastrointestinal, além de possuir papel na regulação do crescimento e diferenciação do tecido ósseo. A 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> controla a produção de colágeno tipo II (Hinek e Poole,

1988), inibição da síntese de colágeno tipo I, indução da síntese de osteocalcina (Dantas *et al.*, 2009), reabsorção óssea pelos osteoclastos (Barral *et al.*, 2007), atua diretamente nos condrócitos da placa de crescimento ósseo (Castro, 2011). O calcitriol promove a diferenciação de precursores hematopoiéticos monocíticos da medula óssea em osteoclastos. Essa relação entre calcitriol e osteoclastos explica a dependência do PTH ao calcitriol para reabsorção óssea ideal (Pizauro Júnior *et al.*, 2002; DiBartola, 2007).

Garcia (2012) mencionou que existe uma importante relação entre a deficiência da vitamina D e o aumento dos problemas ósseos em frangos de corte, uma vez que, em tal situação, ocorre diminuição na absorção de cálcio, levando a desmineralização dos ossos e, conseqüente diminuição do teor de cinzas, cálcio, fósforo, queda na resistência óssea e aparecimento de problemas locomotores.

### RECOMENDAÇÕES NUTRICIONAIS DE VITAMINA D<sub>3</sub> PARA FRANGOS DE CORTE

Considerando que a maioria das vitaminas não é sintetizada em quantidades suficientes para atender a demanda fisiológica do organismo, elas devem ser obtidas da dieta. A adição de complexos vitamínicos nas dietas garante o bom desenvolvimento, e repostas importantes, como por exemplo, melhora na resposta imunológica e no desempenho (Nascimento, 2005; Félix *et al.*, 2009). Entretanto, o fornecimento de vitamina D<sub>3</sub> em níveis 100 vezes maiores que a recomendação às aves, promove o retardo no crescimento, eriçamento das penas e poiliúria. Caso a vitamina seja ofertada em níveis 1000 vezes mais elevados do que o recomendado, haverá um retardamento marcado no crescimento, desidratação, incoordenação de movimentos e debilidade das patas (Rutz, 2008).

Na atualidade, os metabólitos formados

a partir da vitamina D ( $D_3$ ,  $25(OH)D_3$ ,  $1,25-(OH)_2D_3$ ,  $1\alpha(OH)D_3$ ), encontram-se disponíveis comercialmente para uso na alimentação animal, cujo propósito refere-se à disponibilização da vitamina numa forma mais ativa, de modo que ocorra diminuição nos gastos energéticos com metabolização da vitamina, e tendo como consequência o aumento na eficiência no organismo (Garcia, 2012).

O calcitriol refere-se à única forma natural da vitamina D com atividade biológica significativa, sendo cerca de 1000 vezes mais efetiva que a vitamina original e 500 vezes mais efetiva que o seu precursor calcidiol ( $25(OH)D_3$ ). De maneira geral, as bioatividades das formas de vitamina D seguem a sequência:  $1,25-(OH)_2D_3 > 1\alpha(OH)D_3 > 25(OH)D_3 > D_3 > D_2$  (Han *et al.*, 2012).

As necessidades nutricionais de vitamina  $D_3$  para frangos de corte podem ser expressas em *International Chick Units* (ICU), uma medida padronizada denominada para diferenciá-la da vitamina D e da vitamina  $D_2$  (Pizauro Junior *et al.*, 2002). Uma Unidade Internacional (UI) de vitamina D corresponde a  $0,025 \mu\text{g}$  da forma  $D_3$  (Leeson e Summers, 2001).

Os níveis de vitaminas sugeridos nos relatórios de pesquisa, tais como National Research Council (NRC, 1994), Institut National de Recherche Agronomique (INRA, 1999), Necesidades nutricionales para avicultura - Normas FEDNA (Lázaro *et al.*, 2008) e Tabelas brasileiras para aves e suínos (Rostagno *et al.*, 2011) são bases importantes para a estimativa dos valores a serem empregados nas diferentes fases de criação. Contudo, tais relatórios apresentam apenas as exigências mínimas, as quais geralmente não são suficientes em condições de criações comerciais, havendo pouca correlação com os níveis empregados na prática (Félix *et al.*, 2009).

Em geral, as indústrias de suplementos, trabalham com margens de segurança para vitaminas lipossolúveis, que excedem em torno de 5 a 10 vezes às reais necessidades

das aves, decrescendo com a idade dos animais. As recomendações do NRC (1994) não são utilizadas pelas empresas, que por sua vez, praticam ajustes em função das condições locais (Nascimento, 2005). Independente da fase de criação das aves, a recomendação do NRC é de 200 UI/kg de vitamina  $D_3$ . Os níveis de suplementação utilizados nas granjas comerciais para as diferentes fases de criação são 15,5 (pré-inicial), 12,1 (inicial), 9,4 (crescimento) e 3,3 (final) vezes superiores ao preconizado pelo NRC (1994) (Toledo e Nascimento, 2010).

As discrepâncias entre os órgãos de pesquisa, quanto aos valores sugeridos das necessidades nutricionais de suplementação de vitamina  $D_3$  em rações para frangos de corte (**tabela I**) decorrem de inúmeros fatores tais: redução de minerais nas rações (Souza *et al.*, 2013) e/ou acréscimo de enzimas (Brito *et al.*, 2010), presença de luz ultravioleta (Mitchell *et al.*, 1997), linhagem comercial e características ósseas (Zhang *et al.*, 1997; Pizauro Júnior *et al.*, 2002; Ponso *et al.*, 2012; Nääs *et al.*, 2012).

Na Europa, o uso de aditivos vitamínicos nas rações é regulado pela Comissão Europeia (CE nº 1831/2003). Até 2006, a suplementação de vitamina D era autorizada na forma de colecalciferol ( $D_3$ ), sendo que a partir deste ano também foi permitida a adição da forma  $25(OH)D_3$ . O novo regulamento (CE nº 887/2009), estabeleceu o teor máximo da combinação de  $25(OH)D_3$  com a vitamina  $D_3$ /kg de ração, sendo  $\leq 0,125$  mg para frangos de corte (equivalente a 5000 UI da vitamina  $D_3$ ) e  $\leq 0,080$  mg para outras aves (Mattila *et al.*, 2011; Han *et al.*, 2012).

Diante da variação entre os valores recomendados para a suplementação com a vitamina  $D_3$  nas rações para frangos de corte, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas, visando esclarecer os níveis que podem ser utilizados, o desempenho apresentado, e a correlação com os problemas locomotores, que são responsáveis por prejuízos econômicos na produção avícola.

## VITAMINA D<sub>3</sub> E SEUS METABÓLITOS PARA FRANGOS DE CORTE

Para frangos de corte, o ganho de peso médio diário aumentou de 20 para mais de 50 g/dia e a idade de abate reduziu de 12 para seis semanas; porém, o desenvolvimento do tecido ósseo não acompanhou tais processos fisiológicos, aumentando assim a incidência de problemas locomotores, tais como a discondroplasia tibial (DT) e a fragilidade óssea (Mendes *et al.*, 2012; Ponso *et al.*, 2012).

A DT caracteriza-se como sendo uma assincronia no processo de diferenciação dos condrócitos, levando à formação de uma camada de condrócitos pré-hipertróficos e de uma massa cartilaginosa opaca e não mineralizada, comumente observada na extremidade proximal da tibia (Kussakawa e Faria, 1998; Pizauro Júnior *et al.*, 2002). Os principais sintomas da DT são: ataxia, relutância para caminhar, claudicações e/ou aves que caminham com auxílio das asas, e em casos de lesões mais graves, os animais ficam parados nos cantos do galpão ou embaixo dos comedouros definhados e morrem definhados, devido à desidratação ou asfixia (Kussakawa e Faria, 1998).

Ponso *et al.* (2012) relataram que o uso da vitamina D<sub>3</sub> tem despertado grande interesse por parte dos pesquisadores, devido, principalmente à sua capacidade de estimular a diferenciação dos condrócitos, regularizar o crescimento ósseo, prevenir o raquitismo e diminuir a incidência de DT. Edwards Jr. (2000) e Pizauro Júnior *et al.* (2002) descreveram as exigências para colecalciferol pelas aves jovens variaram de 275 ICU (6,9 µg/kg) para o crescimento; 503 ICU (10,1 µg/kg) para aumentar o conteúdo de cinzas dos ossos; 552 ICU (13,8 µg/kg) para aumentar a quantidade de cálcio do sangue e 904 ICU (22,6 µg/kg) para prevenir o raquitismo.

Ao estudarem quatro formas de vitamina D (D<sub>3</sub>, 25(OH)D<sub>3</sub>, 1α(OH)D<sub>3</sub> e 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>) em rações a base de farelo de soja e milho (fornecendo 2000 UI de vitamina D<sub>3</sub>/kg na fase inicial e 1600 UI/kg na fase de crescimento) para frangos de corte machos, Garcia *et al.* (2013) não encontraram diferenças significativas nas variáveis ósseas (diâmetro, Índice Seedor, resistência à quebra, cinzas, Ca e P). A explicação dos

**Tabela I.** Níveis de suplementação de vitamina D<sub>3</sub> recomendados para frangos de corte. (Levels of vitamin D<sub>3</sub> supplementation recommended for broilers).

| Referência  | Fases de criação (dias de idade) | Recomendação vitamina D <sub>3</sub> (UI/kg de ração) |
|---|----------------------------------|---|
| Rostagno <i>et al.</i> (2011)<br>Tabelas brasileiras de aves e suínos | 1 - 7                            | 2375  |
|   | 8 - 21                           | 2090  |
|   | 22 - 33                          | 1900  |
|   | 34 - 42                          | 1425  |
|   | 43 - 49                          | 1235  |
| Lázaro <i>et al.</i> (2008)<br>FEDNA                                  | 0 - 18                           | 3500  |
|   | 22 - 33                          | 2800  |
|   | 35 dias - abate                  | 2000  |
| DSM (2011)<br>Guia de suplementação vitamínica                        | 1 - 10 dias                      |   |
|   | 11 - 24 dias                     | 3000 - 5000   |
|   | 25 dias - abate                  |   |
| NRC (1994)  | 1 dia - abate                    | 200   |

**Tabela II.** Resultados de experimentos utilizando a vitamina D e seus metabólitos na alimentação de frangos de corte. (Results of experiments using vitamin D and its metabolites in feed for broilers).

| Animais e forma da vitamina D   | Resultados obtidos  |
|---|---|
| <p>Machos e fêmeas selecionados para baixa e alta incidência de DT<sup>1</sup></p> <p>Três dietas: basal; 0; 68,9 e 344,5 µg de 25(OH)D<sub>3</sub> suplementar/kg de ração para cada linhagem</p>  | <p>A cada aumento de 10,0 até 70,0 µg/kg de 25(OH)D<sub>3</sub> a ração basal com 55,0 µg/kg (2.200 UI/kg) de vitamina D<sub>3</sub> houve redução de 1,0 % e 2,0 % na incidência de DT para fêmeas e machos, respectivamente.</p>  |
| <p>Machos de 1 a 42 dias de idade<sup>2</sup></p> <p>Seis níveis de colecalciferol e seis de 25(OH)D<sub>3</sub> (125,0; 250,0; 500,0; 1000,0; 2000,0 ou 4000,0 UI de vitamina D/kg de ração)</p>   | <p>Maior teor de cinzas ósseas e menor severidade de discondroplasia tibial para as aves alimentadas com 25(OH)D<sub>3</sub>. Sugestionaram que as necessidades suplementares de vitamina D<sub>3</sub> podem ser menores com o uso do metabólito 25(OH)D<sub>3</sub> nas rações.</p>   |
| <p>Machos de 1 a 45 dias de idade<sup>3</sup></p> <p>Suplemento isolado e associado de duas fontes de vitamina D (D<sub>3</sub> e 25(OH)D<sub>3</sub>) e fitase (500 unidades de fitase - ftu/kg) juntamente com a redução de fósforo disponível (25,0 %) e cálcio (10,0 %)</p> | <p>Na fase inicial, a suplementação melhorou o ganho de peso e a conversão alimentar das aves. Na fase final, a 25(OH)D<sub>3</sub> (16,0 a 110,0 µg/kg) provocou melhoria no ganho de peso. Na carcaça, não houve interação entre as fontes, entretanto, verificou-se um aumento no rendimento com o uso de 25(OH)D<sub>3</sub>.</p> |
| <p>Aos 42 dias<sup>4</sup></p> <p>Rações formuladas com 5, 37,5, 62,5 e 87,5 µg/kg de vitamina D<sub>3</sub> inativa</p>  | <p>O fornecimento suplementar de 87,5 µg de vitamina D<sub>3</sub>/kg de ração apresentou ganho de peso e rendimentos de carcaça e peito significativamente maiores.</p>  |
| <p>Machos de 1 a 49 dias de idade<sup>5</sup></p> <p>Rações formuladas com e sem 25(OH)D<sub>3</sub> (69,0 µg/kg de ração)</p>  | <p>As aves sem o 25(OH)D<sub>3</sub> apresentaram mais problemas de pernas. Sugeriram que a vitamina D foi eficaz na redução da gravidade da claudicação, reduzindo a discondroplasia tibial e as anormalidades de pernas.</p>  |
| <p>Machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade<sup>6</sup></p> <p>Quatro dietas: 1) colecalciferol (200 UI/kg); 2) 25(OH)D<sub>3</sub> (69,0 µg/kg); 3) colecalciferol (2000 UI/kg) e 4) Dieta 3 + 25(OH)D<sub>3</sub> (69,0 µg/kg de ração), respectivamente</p>                   | <p>Aumento no ganho de peso, taxa de conversão alimentar e resposta imune contra Newcastle melhorada aos 21 dias com uso da vitamina D<sub>3</sub> (2000 UI/kg, nível comercial) com ou sem a 25(OH)D<sub>3</sub> (69,0 µg/kg).</p>   |
| <p>Machos de 8 a 42 dias de idade<sup>7</sup></p> <p>Seis níveis: 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 µg de 1,25 dihidroxicolecalciferol /kg de ração associados à redução em 20,0 % das exigências em cálcio e fósforo disponível</p>  | <p>A inclusão da vitamina D<sub>3</sub> ativa influenciou positivamente o ganho de peso e a conversão alimentar. Recomendou-se o fornecimento suplementar de 1,0 a 2,0 µg/kg de vitamina D<sub>3</sub> ativa nas rações.</p>  |

DT: Discondroplasia tibial.

<sup>1</sup>Zhang *et al.* (1997); <sup>2</sup>Fritts e Waldroup (2003); <sup>3</sup>Brito *et al.* (2010); <sup>4</sup>Khan *et al.* (2010); <sup>5</sup>Nääs *et al.* (2012);

<sup>6</sup>Gómez-Verduzo *et al.* (2013); <sup>7</sup>Souza *et al.* (2013).

## VITAMINA D<sub>3</sub> E SEUS METABÓLITOS PARA FRANGOS DE CORTE

autores para ausência de diferenças decorreu do fato de que as formas da vitamina estudadas foram incluídas nas dietas em quantidade equivalente a vitamina D exigida pelos animais, uma vez que tal vitamina atua na homeostase do corpo do animal. Os autores sugeriram que os níveis estudados estavam em conformidade com os requerimentos para o tecido ósseo dos frangos.

Aburto *et al.* (1998) avaliaram seis níveis de 25(OH)D<sub>3</sub> (0, 5, 10, 20, 40 e 80 µg/kg de ração) associados a dois níveis de suplementação de vitamina A (1500 e 45000 UI) para frangos de corte machos. Os resultados evidenciaram que a adição de 25(OH)D<sub>3</sub> aumentou o peso corporal das aves, as cinzas ósseas, o cálcio no plasma e reduziu o raquitismo.

### VITAMINA D<sub>3</sub> NO DESENVOLVIMENTO DE FRANGOS DE CORTE

O crescimento animal depende de mecanismos de expressão gênica, através dos quais ocorre a síntese proteica, fundamental para o desenvolvimento dos diferentes tecidos. A síntese de proteínas depende da disponibilidade de substratos, pois a interação entre nutrientes e expressão gênica determinarão o padrão de crescimento do animal. Dentre os inúmeros fatores que afetam o crescimento muscular, os nutricionais se destacam, uma vez que a carência ou desbalanceamento entre os nutrientes podem afetar indiretamente a síntese ou degradação proteica, podendo alterar a liberação de hormônios, como a insulina e o hormônio do crescimento (Gonzales e Sartori, 2008).

Os metabólitos mais utilizados nas rações de frangos de corte são: colecalciferol (D<sub>3</sub>), 25(OH)D<sub>3</sub>, 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> e 1α-OHD<sub>3</sub>. Entretanto, a forma 25(OH)D<sub>3</sub> é a mais estudada (Zhang *et al.*, 1997; Fritts e Waldroup, 2003; Chou *et al.*, 2009; Brito *et al.*, 2010), sendo a principal forma de armazenamento no organismo, com meia-vida de duas a três semanas aproximadamente,

enquanto que a meia-vida da 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> é de quatro a seis horas (Castro, 2011).

Rao *et al.* (2006) estudaram o fornecimento de colecalciferol (200, 1200, 2400 e 3600 ICU/kg de ração) e concentrações sub-ótimas de cálcio (0,50%) e fósforo não-fítico (0,25%) sobre o desempenho e mineralização óssea de frangos de corte (2-42 dias de idade) comparados com dieta basal (contendo níveis recomendados de cálcio, fósforo não-fítico e colecalciferol). Os autores constataram aumento no ganho de peso e melhor conversão alimentar para frangos de 1 a 21 dias de idade alimentados com rações com 60 µg/kg (2400 UI/kg) de vitamina D<sub>3</sub> e níveis de fósforo disponível e cálcio reduzidos. Goff (2006) relatou que a fase inicial é mais susceptível a alterações mediante a suplementação de vitamina D, pois é o período em que ocorre alta taxa de crescimento do tecido esquelético, além da imaturidade do trato digestório (digestão, absorção de lipídios e compostos lipossolúveis). Além disso, respostas mais sensíveis no desempenho são observadas em condições de redução dos níveis de cálcio e fósforo, podendo haver recuperação do desempenho através da otimização nos processos de absorção e metabolismo desses elementos (Nahm, 2007).

O uso de vitamina D<sub>3</sub> e seus análogos sintéticos demonstrou melhorias na utilização de fósforo nas aves, aumentando a retenção e diminuindo a excreção de fósforo, ocasionando um incremento no teor de cinzas dos ossos (Biehl e Backer, 1997; Biehl *et al.*, 1998). Mitchell e Edwards Jr (1996) estudaram três níveis de fósforo (P) disponível (0,45; 0,55 e 0,65%) em dietas a base de milho e farelo de soja, suplementadas ou não com 5,0 µg de 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> e 600 unidades de fitase (ftu)/kg para frangos de corte machos. Os autores verificaram aumento nas cinzas ósseas das aves mediante o fornecimento suplementar da vitamina D<sub>3</sub> ativa associada a fitase e nível de 0,45% P. O suplemento isolado de 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> nas rações de frangos de corte diminuiu a

incidência de discondroplasia tibial.

A suplementação de 25(OH) $D_3$  (69,0 e 34,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) em dietas a base de milho e farelo de soja para frangos de corte de 1 a 39 dias de idade foi investigado por Chou *et al.*, (2009), que observaram maiores comprimentos de vilosidades; e menores profundidades de criptas no duodeno e jejuno das aves, entretanto, não houve influência no desempenho zootécnico. Os pesquisadores concluíram que o uso de 25(OH) $D_3$  acarretou maior absorção de nutrientes e menor demanda energética. Segundo McCarthy *et al.* (1984) a *borda em escavação* dos enterócitos apresenta notável alteração da composição e estrutura das proteínas e lipídeos das células de superfície, correspondente ao aumento do transporte de cálcio mediado pela vitamina  $D_3$  ativa.

Na **tabela II** estão apresentados alguns resultados de estudos utilizando a vitamina D e seus metabólitos na alimentação de frangos de corte.

Ao avaliarem os parâmetros zootécnicos, sanguíneos, ósseos e a qualidade de carne de frangos de corte (1 a 21 dias de idade) suplementados com  $1\alpha\text{-OH}(D_3)$  (0 e 5,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) e fitase (0 e 500 U/kg), Han *et al.* (2009) mostraram que o referido metabólito da vitamina D isolado aumentou as cinzas da tibia, teores de cálcio e fósforo nos ossos, resistência óssea, concentrações de cálcio no plasma e a qualidade da carne, entretanto, houve redução do crescimento das aves. A interação entre  $1\alpha\text{-OH}(D_3)$  associada à fitase proporcionou maior qualidade óssea dos frangos. Quando o referido metabólito foi estudado combinado a diferentes níveis de cálcio (0,4 até 1,20%) nas rações para frangos de corte fêmeas (1 a 21 dias de idade) verificou-se diminuição da mortalidade, melhora no ganho de peso, consumo de ração, concentração de  $P_i$  no sangue, retenção de P, peso e comprimento da tibia, resistência óssea e conteúdo de cinzas. Os resultados indicaram que o  $1\alpha\text{-OH}(D_3)$  apresentou maior atividade nos menores níveis de Ca dietético (Han *et al.*, 2012).

Existem alguns produtos à base de extratos herbais disponíveis comercialmente, que contêm grande quantidade de vitamina  $D_3$  em sua forma ativa. Os metabólitos hidroxilados da vitamina  $D_3$  (25(OH) $D_3$  e  $1\alpha25(\text{OH})_2D_3$ ) e o 7-dehidrocolesterol foram identificados em várias plantas, tais como: *Cestrum diurnum* L., *Cucurbita pepo* L., *Medicago sativa* L., *Nicotiana glauca* Graham, *Solanum glaucophyllum* Desf., *Solanum lycopersicum* L., *Solanum tuberosum* e *Trisetum flavescens* Beauv. (Jäpelt, 2011).

Cheng *et al.* (2004) afirmaram que a adição de  $1,25(\text{OH})_2D_3$  ou extratos da planta *Solanum glaucophyllum* (SG) pode melhorar a eficiência de absorção e utilização do cálcio e do fósforo, sendo possível utilizar níveis subótimos destes elementos nas rações para frangos de corte. Os autores constataram que aves alimentadas com a adição de 5,0 g de SG/kg ou de 15,0  $\mu\text{g}$   $1,25(\text{OH})_2D_3/\text{kg}$  quando comparadas as que receberam ração basal apresentaram maior ganho de peso, concentração de Ca e P no plasma, cinzas e densidade óssea. Com a redução do uso de fósforo nos programas alimentares, tem-se uma menor excreção deste elemento, permitindo assim mitigar os impactos ambientais e aumentar a viabilidade da produção avícola por reduzir os custos de produção. Souza *et al.* (2013) afirmaram que a suplementação de 1,0 a 2,0  $\mu\text{g}$  de vitamina  $D_3$  ativa/kg de ração associada a redução em 20,0 % das exigências de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte machos foi benéfica ao desempenho das aves, sendo uma possível alternativa a ser adotada na avicultura industrial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de vitamina  $D_3$  e/ou seus metabólitos não têm prejudicado o desempenho zootécnico dos frangos de corte, e ainda demonstra melhorias na utilização do fósforo, incremento no teor de cinzas dos ossos, proporcionando consequentemente maior

## VITAMINA D<sub>3</sub> E SEUS METABÓLITOS PARA FRANGOS DE CORTE

qualidade óssea das aves. Os metabólitos: 25(OH)D<sub>3</sub>, 1α25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>, 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> foram os mais estudados, podendo ser utilizados nas dietas, sendo que os valores recomendados pelos diferentes órgãos de pesquisa, não ultrapassam 5000 UI de vitamina D<sub>3</sub>/kg de ração. Por fim, no que se refere aos valores suplementares recomendados de

cada forma da vitamina D<sub>3</sub> para frangos de corte nas diferentes idades, ainda não há um consenso entre as pesquisas. Assim, faz-se necessários estudos que estabeleçam os níveis que poderão ser utilizados pelos avicultores, de modo assegurar o atendimento das exigências nutricionais e o adequado desenvolvimento ósseo das aves.

### BIBLIOGRAFIA

- Abreu, D.A.F.; Eyles, D. and Féron, F. 2009. Vitamin D, a neuro-immunomodulator: implications for neurodegenerative and autoimmune diseases. *Psychoneuroendocrinol*, 34(S): 265-277.
- Aburto, A.; Edwards Jr., H.M. and Britton, W.M. 1998. The influence of vitamin A on the utilization and amelioration of toxicity of cholecalciferol, 25-hydroxycholecalciferol, and 1,25 dihydroxycholecalciferol in young broiler chickens. *Poult Sci*, 77: 585-593.
- Anderson, J.J.B. and Toverud, S.U. 1994. Diet and vitamin D: a review an emphasis on human function. *J Nutr Biochem*, 5: 58-65.
- Arraes, P. e Talamini, D. 2011. A Competitividade da avicultura brasileira e a contribuição da Embrapa. In: 22º Congresso Brasileiro de Avicultura, 25 a 27 out. *Anais... União Brasileira de Avicultura (UBABEF)*. São Paulo. 204 pp.
- Barbosa, A.A.; Moraes, G.H.K.; Torres, R.A.; Reis, D.T.; Rodrigues, C.S. e Müller, E.S. 2010. Avaliação da qualidade óssea mediante parâmetros morfométricos, bioquímicos e biomecânicos em frangos de corte. *R Bras Zootec*, 39: 772-778.
- Barral, D.; Barros, A.C. e Araújo, R.P.C. 2007. Vitamina D: uma abordagem molecular. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr*, 7: 309-315.
- Biehl, R.B. and Baker, D.H. 1997. Utilization of phytate and nonphytate phosphorus in chicks as affected by source and amount of vitamin D<sub>3</sub>. *J Anim Sci*, 75: 2986-2993.
- Biehl, R.R.; Baker, D.H. and Deluca, H.F. 1998. Activity of various hydroxylated vitamin D<sub>3</sub> analogs for improving phosphorus utilization in chicks receiving diets adequate in vitamin D<sub>3</sub>. *Br Poult Sci*, 39: 408-412.
- Brito, J.A.G.; Beterchini, A.G.; Fassani, E.J.; Rodrigues, P.B.; Lima, E.M.C. e Meneghetti, C. 2010. Efeito da vitamina D<sub>3</sub> e 25-hidroxicolecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. *Rev Bras Zootec*, 39: 2656-2663.
- Castro, L.C.G. 2011. O sistema endocrinológico vitamina D. *Arq Bras Endocrinol Metab*, 55: 566-575.
- Cheng, Y.H.; Goff, J.P.; Sell, J.L.; Dallorso, M.E.; Gil, S., Pawlak, S.E. and Horst, R.L. 2004. Utilizing *Solanum glaucophyllum* alone or phytase to improve phosphorus utilization in broilers. *Poult Sci*, 83: 406-413.
- Chou, S.H.; Chung, T.K. and Yu, B. 2009. Effects of supplemental 25-hydroxycholecalciferol on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broiler chickens. *Poult Sci*, 88: 2333-2341.
- Coto, C.; Yan, F.; Cerrate, S.; Wang, Z.; Sacakli, P.; Halley, J.T.; Wiernusz, C.J.; Martinez, A. and Waldroup, P.W. 2008. Effects of dietary levels of calcium and nonphytate phosphorus in broiler starter diets on live performance, bone development and growth plate conditions in male chicks fed a corn-based diet. *Int J Poul. Sci*, 7: 638-645.
- Dantas, A.T.; Duarte, A.L.B. e Marques, C.D.L. 2009. A vitamina D na artrite reumatoide e no lúpus eritematoso sistêmico. *Temas Reumatol Clin*, 10: 53-59.
- DeLuca, H.F. 2004. Overview of general physiologic features and functions of vitamin D. *Am J Clin Nutr*, 80(suppl): 1689S-1696S.
- Dibartola, S.P. 2007. Anormalidades de fluidos, eletrólitos e equilíbrio ácido-básico na clínica de pequenos animais. Roca. São Paulo.
- DSM, Nutrition Products. 2011. DSM vitamin su-

- plementation guidelines 2011 for domestic animals. Switzerland, EUA. DSM Nutrition Products. 14 pp. <[http://www.dsm.com/en\\_US/downloads/dnp/DSM\\_Vitamin\\_Supplementation\\_Guidelines\\_2011.pdf](http://www.dsm.com/en_US/downloads/dnp/DSM_Vitamin_Supplementation_Guidelines_2011.pdf)> (15/09/2012).
- Edwards Jr., H.M. 2000. Nutrition and skeletal problems in poultry. *Poult Sci*, 79: 1018-1023.
- Félix, A.P.; Maiorka, A. e Sorbara, J.O. 2009. Níveis vitamínicos para frangos de corte. *Cienc Rural*, 39: 619-626.
- Fritts, C.A. and Waldroup, P.W. 2003. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. *J Appl Poultry Res*, 12: 45-52.
- Garcia, A.F.Q.M. 2012. Utilização de vitamina D e seus metabólitos na alimentação de frangos de corte. 59 pp. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá.
- Garcia, A.F.Q.M.; Murakami, A.E.; Duarte, C.R.A.; Rojas, I.C.O.; Picoli, K.P. and Puzotti, M.M. 2013. Use of vitamin D<sub>3</sub> and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. *Asian-Aust J Anim Sci*, 26: 408-415.
- Goff, J.P. 2006. Distúrbios do metabolismo dos carboidratos e da gordura. In: Dukes. Fisiologia dos animais domésticos. 12ª ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 926 pp.
- Gómez-Verduzco, G.; Morales-López, R. and Avila-Gozález, E. 2013. Use of 25-hydroxycholecalciferol in diets of broiler chickens: effects on growth performance, immunity and bone calcification. *J Poult Sci*, 50: 60-64.
- Gonzales, E. e Mendonça Júnior, C.X. 2006. Problemas locomotores em frangos de corte: VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Chapecó. *Anais...* Núcleo de Médicos Veterinários. Chapecó-SC. pp. 79-84.
- Gozales, E. e Sartori, J.R. Crescimento e metabolismo muscular. 2008. In: Macari, M.; Furlan, R.L. e Gonzales, E. Fisiologia aviária: aplicada a frangos de corte. 2ª ed. FUNEP/UNESP. Jaboticabal. pp. 279-298.
- Han, J.C.; Yang, X.D.; Zhang, L.M.; Li, W.L.; Zhang, T., Zhang, Z.Y. and Yao, J.H. 2009. Effects of 1 $\alpha$ -hydroxycholecalciferol and phytase on growth performance, tibia parameter and meat quality of 1- to 21d-old broilers. *Asian-Aust J Anim Sci*, 22: 857-864.
- Han, J.; Liu, Y.; Yao, J.; Wang, J.; Qu, H.; Yan, Y.; Yue, J.; Ding, J.; Shi, Z. and Dong, X. 2012. Dietary calcium levels reduce the efficacy of one alpha-hydroxycholecalciferol in phosphorus-deficient diets of broilers. *J Poult Sci*, 49: 34-38.
- Hinek, A. and Poole A.R. 1988. The influence of vitamin D metabolites on the calcification of cartilage matrix and the C-propeptide of type II collagen (chondrocalcin). *J Bone Miner Res*, 3: 421-429.
- Hoy, D.A.; Ramberg Jr, C.F. and Horst, A. 1988. Evidence that discrimination against ergocalciferol by the chick is the result of enhanced metabolic clearance rates for its mono- and dihydroxylated metabolites. *J Nutr*, 118: 633-638.
- INRA. Instituto Nacional de La Recherche Agronomique. 1999. Alimentação dos animais monogástricos: suínos, coelhos e aves. 2ª ed. Roca. São Paulo. 245 pp.
- Jäpelt, R.B. 2011. Vitamin D in plants. Occurrence, analysis and biosynthesis. 180 pp. PhD thesis. National Food Institute. Technical University of Denmark.
- Khan, S.H.; Shahid, R.; Mian, A.A.; Sardar, R. and Anjum, M.A. 2010. Effect of the level of cholecalciferol supplementation of broiler diets on the performance and tibial dyscondroplasia. *J An Physiol Anim Nutr*, 9: 584-593.
- Kussakawa, K.C.K. and Faria, H.G. 1998. Discondroplasia tibial em frangos de corte: aspectos nutricionais. *Arq Cienc Saúde Unipar*, 2: 275-282.
- Lázaro, R.; Mateo, G.G.; Barroeta, A. y Barragan, J.I. 2008. Necesidades nutricionales para avicultura: pollos de carne y aves de puesta - Normas FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 79 pp.
- Leeson, S. and J.D. Summers. 2001. Nutrition of the chicken. 4ª ed. University Books. Ontario.
- Mattila, P.H.; Valkonen, E. and Valaja, J. 2011. Effect of different vitamin D supplementations in poultry feed on vitamin D content of eggs and chicken meat. *J Agricult Food Chem*, 59: 8298-8303.
- McCarthy, J.T.; Barham, S.S. and Kumar, R. 1984. 1,25-Dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> rapidly alters the morphology of the duodenal mucosa of rachitic

## VITAMINA D<sub>3</sub> E SEUS METABÓLITOS PARA FRANGOS DE CORTE

- chicks: evidence for novel effects of 1,25-dihydroxyvitamin D<sub>3</sub>. *J Steroid Biochem*, 21: 253.
- Mendes, A.S.; Paixão, S.J.; Marostega, J.; Restelatto, R.; Oliveira, P.A.V. e Possenti, J.C. 2012. Mensuração de problemas locomotores e de lesões no coxim plantar em frangos de corte. *Arch Zootec*, 61: 217-228.
- Mitchell, R.D.; Edwards Jr., H.M. and McDaniel, G.R. 1997. The Effects of ultraviolet light and cholecalciferol and its metabolites on the development of leg abnormalities in chickens genetically selected for a high and low incidence of tibial dyschondroplasia. *Poult Sci*, 76: 346-354.
- Mitchell, R.D. and Edwards Jr., H.M. 1996. Additive effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and phytase on phytate phosphorus utilization and related parameters in broiler performance. *Poult Sci*, 75: 90-94.
- Nääs, I.A.; Baracho, M.S.; Bueno, L.G.F.; Moura, D.J.; Vercelino, R.A. and Salgado, D.D. 2012. Use of vitamin D to reduce lameness in broilers reared in harsh environments. *Rev Bras Cienc Avic*, 14: 159-232.
- Nascimento, A.H.; Silva, M.A. e Lima, I.L. 2005. Níveis nutricionais utilizados para frangos de corte pela indústria no Brasil. II Simpósio Internacional sobre Exigência Nutricionais de Aves e Suínos, 29 a 31 de março. *Anais... UFV. Viçosa-MG*.
- National Research Council, NRC. 1994. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient requirement of poultry. 9<sup>a</sup> ed. National Academic Science. Washington. 155 pp.
- Nahm, K.H. 2007. Efficient phosphorus utilization in poultry feeding to lessen the environmental impact of excreta. *World's Poultry Sci J*, 63: 625-654.
- Norman, A.W. 1987. Studies on the vitamin D endocrine system in the avian. *J Nutr*, 117: 797-807.
- Norman, A.W. and Hurwitz, S. 1993. The role of vitamin D endocrine system in avian bone biology. *J Nutr*, 123: 310-316.
- Paz, I.C.L.A.; Milbradt, E.L.; Mendes, A.A.; Vulcano, L.C.; Fernandes, M.R.; Martins, B.; Komiyama, C.M.; Cavichiolo, F. e Garcia, R.G. 2009. Densidade mineral óssea de perus de corte vacinados e não vacinados contra coccidiose. *Agrarian*, 2: 131-141.
- Pedrosa, M.A.C. e Castro, M.L. 2005. Papel da vitamina D na função neuro-muscular. *Arq Bras Endocrinol Metab*, 49: 495-502.
- Peixoto, P.V.; Klem, M.A.P.; Franca, T.N. e Nogueira, V.A. 2012. Hipervitaminose D em animais. *Pesq Vet Bras*, 32: 573-594.
- Pizauro Júnior, J.M.; Ciancaglini, P. e Macari, M. 2002. Discondroplasia tibial: mecanismos de lesão e controle. *Rev Bras Cienc Avic*, 4: 169-185.
- Ponso, R.; Faria, D.E.; Albuquerque, R.; Paz, I.C.L.; Artoni, S.M.B.; Santos, A.L.; Saviani, G.; Araújo, C.M.M. 2012. Avaliação do desenvolvimento da discondroplasia tibial em frangos de corte submetidos à dieta com 25-hidroxicolecalciferol. *Braz J Vet Res Anim Sci*, 49:153-161.
- Rao, S.V.R.; Raju, M.V.L.N.; Panda, A.K.; Sunder, G.S. and Sharma, R.P. 2006. Effect of high concentrations of cholecalciferol on growth, bone mineralization, and mineral retention in broiler chicks fed suboptimal concentrations of calcium and nonphytate phosphorus. *J Appl Poultry Res*, 15: 493-501.
- Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Donzele, J.L.; Gomes, P.C.; Oliveira, R.F.; Lopes, D.C.; Ferreira, A.S.; Barreto, S.L.T. e Euclides, R.F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3<sup>a</sup> ed. UFV/DZO. Viçosa-MG. 252 pp.
- Rutz, F. Absorção de vitaminas. 2008. In: Macari, M.; Furlan, R.L. e Gonzales, E. Fisiologia aviária: aplicada a frangos de corte. 2<sup>a</sup> ed. FUNEP/UNESP. Jaboticabal. pp. 149-165.
- Silva, F.A.; Moraes, G.H.K.; Rodrigues, A.C.P.; Oliveira, M.G.A.; Rostagno, H.S.; Albino, L.F.T.; Fonseca, C.C. e Minafra, C.S. 2001. Efeitos do ácido L-glutâmico e da vitamina D<sub>3</sub> no desempenho e nas anomalias ósseas de pintos de corte. *Rev Bras Zootec*, 30 (Suppl.): 2059-2066.
- Silva, I.J.O. e Vieira, F.M.C. 2010. Ambiência animal e as perdas produtivas no manejo pré-abate: o caso da avicultura de corte brasileira. *Arch Zootec*, 59 (R): 113-131.
- Smith, E.L.; Hill, R.L.; Lehman, I.R.; Lefkowitz, R.J.; Handler, P. e White, A. 1988. Bioquímica mamíferos. 7.ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro.
- Souza, C.S.; Vieites, F.M.; Vasconcellos, C.H.F.; Calderano, A.A.; Nunes, R.V.; Ferreira, C.M.;

## SOUZAEVIEITES

- Pereira, T.V.S. e Moraes, G.H.K. 2013. Suplemento de 1,25 dihidroxicolecalciferol e redução de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte. *Arq Bras Med Vet Zootec*, 65: 519-525.
- Toledo, R.S. e Nascimento, A.H. 2010. Vitaminas e minerais. XI Simpósio Brasil Sul de Avicultura e II Brasil Sul Poultry Fair. Chapecó-SC. 06 a 08 de abril. *Anais...* Embrapa Suínos e Aves. Concórdia-SC. pp. 73-84.
- União Brasileira de Avicultura, UBABEF. 2013. Relatório anual 2013. UBABEF. São Paulo. 57 pp.
- Zhang, X.; Liu, G.; Mcdaniel, G.R. and Roland, D.A. 1997. Responses of broiler lines selected for tibial dyschondroplasia incidence to supplementary 25-hydroxycholecalciferol. *J Appl Poultry Res*, 6: 410-416.