

MARIANE FERNANDA GOES MARQUES

**25(OH)D₃ EM SUBSTITUIÇÃO À VITAMINA D₃ EM RAÇÕES, COM DIFERENTES
NÍVEIS DE CÁLCIO, PARA FRANGOS DE CORTE MANTIDOS SOB ESTRESSE
POR CALOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M357e
2017

Marques, Mariane Fernanda Goes, 1992-
25(OH)D3 em substituição à vitamina D3 em rações, com
diferentes níveis de cálcio, para frangos de corte mantidos sob
estresse por calor / Mariane Fernanda Goes Marques. – Viçosa,
MG, 2017.

ix, 22f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.18-22.

1. Frango de corte - Alimentação e rações. 2. Nutrição
animal. 3. Vitaminas na nutrição animal. 4. Cálcio.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 636.5085

MARIANE FERNANDA GOES MARQUES

25(OH)D₃ EM SUBSTITUIÇÃO À VITAMINA D₃ EM RAÇÕES, COM DIFERENTES NÍVEIS DE CÁLCIO, PARA FRANGOS DE CORTE MANTIDOS SOB ESTRESSE POR CALOR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de julho de 2017.



Juarez Lopes Donzele
(Coorientador)



Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)



Francisco Carlos de Oliveira Silva



Rita Flavia Miranda de Oliveira Donzele
(Orientadora)

Dedico,

A Deus, amor

A minha mãe, vida

Ao meu pai ausente, reminiscências

Aos meus irmãos, inspiração

Aos amigos, apoio.

Eu sou maior do que era antes
Estou melhor do que era ontem
Eu sou filho do mistério e do silêncio
Somente o tempo vai me revelar quem sou

As cores mudam
As mudas crescem
Quando se desnudam
Quando não se esquecem

Daquelas dores que deixamos para trás
Sem saber que aquele choro valia ouro
Estamos existindo entre mistérios e silêncios
Evoluindo a cada lua, a cada sol

Se era certo ou se errei
Se sou súdito, se sou rei
Somente atento à voz do tempo saberei

Eu sou maior do que era antes
Estou melhor do que era ontem
Eu sou filho do mistério e do silêncio
Somente o tempo vai me revelar quem sou

Dani Black part. Nilton Nascimento

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força que me incentiva a seguir mesmo que as dificuldades pareçam estar além do meu alcance. Por me acolher em seus braços, pelas oportunidades que tem me dado de testemunhar o seu amor e por me dar uma vida plena e abundante.

A minha mãe, Wilma e ao meu irmão Orlando, formadores de meu caráter, pelo exemplo, educação, esforço, dedicação, apoio, carinho e amor. Amo vocês!

A Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

A Prof. Dra. Rita Flávia Miranda Oliveira Donzele, pela oportunidade e orientação na pós-graduação, principalmente, pela amizade, pelos ensinamentos transmitidos, pelo apoio, carinho e dedicação.

Ao Prof. Dr. Juarez Lopes Donzele, pela paciência, dedicação, ensinamentos e pelas valiosas críticas na correção desta dissertação.

Ao Professor Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino e ao Pesquisador Dr. Francisco Carlos de Oliveira da Silva, pela participação na banca examinadora, pelas sugestões e pelo exemplo de profissionalismo.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, principalmente Adriano, Elísio, Zé Lino, Carlos, Matheus e ao Mauro responsável pela Fábrica de Ração, por toda ajuda que foi fundamental para a execução deste trabalho, pela amizade e convívio agradável durante o desenvolvimento prático desse trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Mário, Fernando e Plínio pelos ensinamentos e colaboração nas análises laboratoriais e pelo convívio agradável.

Aos “irmãos de orientação” Tarciso, Jorge, Leonardo, Amanda, Rodrigo e Érika, pelo grande auxílio na condução do experimento, pelas conversas, conhecimentos compartilhados, pela ajuda sempre que necessário e por serem mais do que colegas de trabalho, amigos.

Aos estagiários da Bioclimatologia Animal, Líbia, Letícia e Nilton, pela grande ajuda ao longo do experimento, pelo agradável convívio e pela amizade.

Ao Vinicius, por ser meu companheiro e me apoiar. Pela ajuda, que por incontáveis vezes trocou sua vida pela minha, pela companhia nos momentos alegres e nos mais difíceis.

A minha grande amiga Camila, por todos os momentos compartilhados, pela cumplicidade, por sempre me apoiar, pela amizade incondicional e verdadeira que nem o tempo e a distância sejam capazes de apagar.

Enfim, a todos aqueles que não estão nominalmente citados, mas que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando, obrigada por todo carinho, pela força constante e por todos os momentos que constroem a minha vida!

Meu muito obrigada a todos!

BIOGRAFIA

MARIANE FERNANDA GOES MARQUES, filha de Avilanet Marques Junior e Wilma Teixeira Goes Marques, nasceu em Cascavel – PR, em maio de 1992.

Em 2010, ingressou no curso de Zootecnia, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, colando grau em 17 de dezembro de 2014.

Em agosto de 2015, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa – MG, na área de Bioclimatologia Animal e Nutrição de Monogástricos, submetendo a defesa de dissertação em 17 de julho de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4. CONCLUSÃO	17
5. REFERÊNCIAS	18

RESUMO

MARQUES, Mariane Fernanda Goes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **25(OH)D₃ em substituição à vitamina D₃ em rações, com diferentes níveis de cálcio, para frangos de corte mantidos sob estresse por calor.** Orientadora: Rita Flavia Miranda de Oliveira Donzele. Coorientadores: Juarez Lopes Donzele e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Esse estudo foi conduzido para avaliar os efeitos da relação cálcio fósforo em rações suplementadas com vitamina D₃ ou 25-hidroxicolecalciferol no desempenho, características de carcaça, qualidade de carne e bioquímica sanguínea, enzimática e óssea de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade, mantidos em ambiente de alta temperatura. Foram utilizados 504 frangos de corte machos da linhagem Cobb, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x4 (duas fontes de vitamina D: VitD₃ ou 25(OH)D₃ (Hy-D®) x quatro níveis de cálcio – 100, 90, 80 e 70% da recomendação de Rostagno et al. (2011), com oito tratamentos, sete repetições e nove aves por unidade experimental. As aves foram mantidas em câmaras climáticas com temperatura do ar de $32,9 \pm 0,48^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $64 \pm 7,14\%$ no período de 1 a 21 dias de idade, e em $31,1 \pm 0,31^{\circ}\text{C}$ e $79 \pm 6,45\%$ de 22 a 42 dias de idade. Durante o experimento, as aves receberam as rações experimentais e água à vontade. Foram avaliados consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) no período de 1 a 21 dias e 22 a 42 dias de idade. No período de 1 a 21 dias, o CR e a CA não variou entre as reduções de cálcio e fontes de vitamina D, porém, o GP dos frangos foi influenciado, sendo que o 25(OH)D₃ proporcionou melhores resultados, independente dos níveis de cálcio. No período de 1 a 42 dias, não foi constatado efeito significativo no CR, GP e CA das aves. Não se observou efeito sobre o rendimento de carcaça, cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa), qualidade de carne e deposição de cálcio (Ca) e fósforo (P) no osso. Constatou-se maiores concentrações séricas de Ca e P nos animais suplementados com 25(OH)D₃, no entanto, a concentração sérica de fosfatase alcalina não foi afetada. Conclui-se que a substituição da VitD₃ por 25(OH)D₃ e a redução de 30% de cálcio variando a relação Ca:P de 2,15 a 1,37 nas rações não comprometeram o desempenho, características de carcaça, qualidade de carne e deposição de Ca e P nos ossos de frangos aos 42 dias de idade mantidos em ambiente de estresse por calor.

ABSTRACT

MARQUES, Mariane Fernanda Goes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **25 (OH) D3 in replacement of vitamin D3 in diets with different calcium levels for broilers kept under heat stress.** Adviser: Rita Flavia Miranda de Oliveira Donzele. Co-Advisers: Juarez Lopes Donzele and Luiz Fernando Teixeira Albino.

This study was conducted to evaluate the effects of the calcium phosphorus ratio on diets supplemented with vitamin D₃ or 25-hydroxycholecalciferol on performance, carcass characteristics, meat quality and blood, enzymatic and bone biochemistry of broilers from 1 to 42 days of age, maintained in high temperature environment. A total of 504 male broilers of the Cobb lineage were distributed in a completely randomized design in a 2x4 factorial arrangement (two sources of vitamin D: VitD₃ or 25(OH)D₃ (Hy-D®) x four calcium levels - 100, 90, 80 and 70% of the recommendation of Rostagno et al. (2011), with eight treatments, seven replicates and nine broilers per experimental unit. The broilers were kept in climatic chambers with air temperature of 32.9 ± 0.48 ° C and relative humidity of $64 \pm 7.14\%$ in the period from 1 to 21 days of age, and in 31.1 ± 0.31 ° C and $79 \pm 6.45\%$ from 22 to 42 days of age. During the experiment, the broilers received the experimental rations and water at will. The feed intake (CR), weight gain (GP) and feed conversion (CA) were evaluated in the period from 1 to 21 days and from 22 to 42 days of age. In the period from 1 to 21 days, CR and CA did not vary between calcium reductions and vitamin D sources, however, broiler GP was influenced, and 25 (OH) D₃ provided better results, regardless of the levels of calcium. In the period from 1 to 42 days, no significant effect was observed on CR, GP and CA of broilers. There was no effect on carcass yield, noble cuts (breast, thigh and leg quarter), meat quality and deposition of calcium (Ca) and phosphorus (P) in the bone. There were higher serum Ca and P concentrations in animals supplemented with 25(OH)D₃, however, alkaline phosphatase concentration was not affected. It was concluded that the replacement of VitD₃ by 25(OH)D₃ and the reduction of 30% of calcium by varying the Ca: P ratio of 2.15 to 1.37 in diets did not compromise the performance, carcass characteristics, meat quality And deposition of Ca and P in broiler bones at 42 days of age maintained in a heat stress environment.

1. INTRODUÇÃO

O estresse por calor provoca alterações fisiológicas e metabólicas no organismo dos animais, que pode levar à piora no desempenho, imunossupressão, distúrbios metabólicos e alta taxa de mortalidade (Mujahid et al., 2005).

Nas últimas décadas, houve um aumento considerável na produção de frangos de corte em países de clima tropical, regiões com temperaturas elevadas e alta incidência de radiação solar (Collin et al., 2012). Estas maiores temperaturas comprometem o bem-estar, especialmente durante a última fase de criação (terminação), visto que neste período as aves são mais sensíveis ao calor (Tesseraud & Temim, 1999). Assim, pesquisas vêm sendo realizadas para amenizar os efeitos negativos causados pelo ambiente de alta temperatura no desempenho de aves. Muitos métodos estão focados em manipulação da dieta (Sahin et al., 2003), por exemplo, adição de vitaminas ou microminerais na ração.

O cálcio é um nutriente essencial ao organismo das aves, pois participa de diversas funções bioquímicas e da formação dos ossos. A deficiência desse mineral pode causar prejuízos como desmineralização óssea, sendo imprescindível o atendimento adequado das exigências nas diferentes fases de desenvolvimento das aves. Seu metabolismo está intimamente ligado ao fósforo (Mello et al., 2012), o que leva ao cuidado na formulação de rações balanceadas para esses minerais com o intuito de obter o máximo aproveitamento dietético, uma vez que relações desequilibradas podem prejudicar o desempenho (Rao et al., 2006) e a qualidade óssea. Tem sido sugerido que as aves possuem alta eficiência de utilização quando alimentadas com níveis sub-ótimos de Ca (Li et al., 2012).

A vitamina D possui papel determinante no metabolismo de Ca das aves. Animais criados na ausência de luz natural necessitam de suplementação para suprir a necessidade dessa vitamina. A forma mais comum de adição às rações tem sido o colecalciferol (D_3), no entanto, diversos estudos têm sugerido a utilização de isoformas na alimentação animal (Fritts & Waldroup, 2003); Han et al., 2013; Han et al., 2016). Após absorção, a vitamina D_3 é transportada para o fígado onde é hidroxilada, resultando na formação de $25(OH)D_3$ (Soares et al., 1995) principal forma circulante no sangue, sendo, portanto utilizada como marcador do status de vitamina D dos animais (Arnold et al., 2015), e importante indicador do metabolismo mineral das aves. Para se tornar ativa essa molécula necessita de mais uma hidroxilação, a qual ocorre nos rins, na posição 1, originando assim a forma hormonal metabolicamente ativa $1,25(OH)_2D_3$.

A vitamina D é conhecida por atuar melhorando a absorção e utilização do cálcio e fósforo da dieta (Shafey et al., 1990; Yan & Waldroup, 2006), contudo poucos trabalhos têm avaliado o efeito de diferentes fontes dessa vitamina em dietas com níveis sub ótimos de cálcio para frangos de corte. Além do desempenho, a concentração de minerais no osso tem sido um importante parâmetro para se avaliar a retenção de minerais. Outro modo de constatar essa influência tem sido o uso de marcadores sanguíneos da remodelação óssea como a fosfatase alcalina, além do nível mineral no sangue (Shafey et al., 1990).

A escassez de resultados a respeito da utilização 25(OH)D₃ em rações para frangos de corte e a inconsistência encontrada em dados de literatura tornam necessária a condução de mais estudos a este respeito. Neste sentido, esse trabalho propôs avaliar o efeito da substituição da VitD₃ por 25(OH)D₃ no desempenho, características ósseas e qualidade de carne de frangos de corte alimentados com rações com diferentes níveis de cálcio, mantidos em ambiente de alta temperatura no período de 1 a 42 dias de idade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos adotados nessa pesquisa foram aprovados pelo Comitê de ética para Uso de Animais da Universidade Federal de Viçosa, estando de acordo com os princípios éticos de experimentação animal, estabelecido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991), sob o processo nº 44/2014.

O experimento foi conduzido no laboratório de Bioclimatologia Animal do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

Foram utilizados 504 pintos de corte machos da linhagem Cobb, vacinados contra doença de Marek, no período de 1 a 42 dias de idade, com peso inicial de $43 \pm 0,33$ g, mantidos em câmaras climáticas com temperatura do ar de $32,9 \pm 0,48^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $64 \pm 7,14\%$ no período de 1 a 21 dias de idade, e em $31,1 \pm 0,31^\circ\text{C}$ e $79 \pm 6,45\%$ de 22 a 42 dias de idade.

Os animais foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x4 (duas fontes de vitamina D: VitD₃ ou 25(OH)D₃ (Hy-D®) x quatro níveis de cálcio – 100, 90, 80 e 70% da recomendação de Rostagno et al. (2011), com oito tratamentos, sete repetições e nove aves por unidade experimental. A unidade experimental foi representada pela gaiola.

As rações foram formuladas para atender as exigências das aves para todos os nutrientes, exceto o cálcio, conforme as recomendações de Rostagno et al. (2011) para as fases pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 33 dias) e final (34 a 42 dias), (Tabelas 1 e 2).

No 1º dia de idade, as aves foram pesadas e transferidas para câmaras climáticas, em baterias metálicas (0,85 x 0,85 m) com piso telado providas de comedouro do tipo bandeja e bebedouro infantil. No 8º dia, estes equipamentos foram substituídos por comedouros do tipo calha e bebedouro tipo nipple.

As condições ambientais das câmaras climáticas foram controladas por sistema eletrônico e registradas por meio de sensores térmicos associados a data loggers. Também foi realizado o monitoramento e registro duas vezes ao dia (7h00min e 18h00min) por meio de termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e de globo negro, mantidos no centro das salas. Estes dados foram posteriormente convertidos no Índice de Temperatura de Globo e Umidade, para caracterizar o ambiente, conforme proposto por Buffington et al. (1981).

Tabela 1. Composição centesimal e calculada das dietas experimentais na matéria natural

Ingredientes	Dietas experimentais			
	1-7 d	8-21 d	22-33 d	34-42 d
Milho (7,88%)	47,888	52,823	55,354	59,144
Farelo de soja (45%)	43,753	38,713	35,507	32,072
Óleo de soja	3,768	4,200	5,208	5,209
Fosfato bicálcico	1,842	1,567	1,393	1,123
Calcário	0,928	0,925	0,837	0,778
Inerte	0,100	0,100	0,100	0,100
Sal comum	0,508	0,483	0,458	0,445
L-Lisina HCl (78,5%)	0,141	0,157	0,147	0,160
DL-Metionina (99%)	0,327	0,292	0,270	0,245
L-Treonina (98,5%)	0,050	0,045	0,031	0,029
Mistura Mineral-Vitamínica ¹	0,500	0,500	0,500	0,500
Cloreto de Colina (60%)	0,125	0,125	0,125	0,125
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010
Coxistac	0,050	0,050	0,050	0,050
Avilamicina	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada ²				
Energia Metabolizável, kcal/kg	2960	3050	3150	3200
Proteína Bruta, %	23,92	22,02	20,74	19,48
Lisina Digestível, %	1,324	1,217	1,131	1,060
Metionina+cistina digestível, %	0,953	0,876	0,826	0,774
Treonina Digestível, %	0,861	0,791	0,735	0,689
Cálcio, %	0,920	0,841	0,758	0,663
Fósforo Disponível, %	0,470	0,406	0,369	0,313
Fósforo Digestível, %	0,395	0,352	0,324	0,284
Sódio, %	0,220	0,210	0,200	0,195

¹ Composição mínima por Kg de ração: Cobre: 8,6 mg carbo-amino-fosfoquelato de cobre; Ferro: 43,7 mg carbo-amino-fosfoquelato de ferro; Manganês: 56,4 mg carbo-amino-fosfoquelato de manganês; Selênio: 0,34 mg carbo-amino-fosfoquelato de Selênio; Zinco: 43,7 mg carbo-amino-fosfoquelato de Zinco; Vitamina A: 8250 UI; Vitamina E: 31 UI; Vitamina K3: 1,65 mg; Vitamina B1: 2,2 mg; Vitamina B2: 5,5 mg; Vitamina B6: 3,08 mg; Vitamina B12: 13 µg; Ácido Fólico: 2,5mg; Ácido Nicotínico: 33 mg; Ácido Pantotênico: 11,03 mg; Biotina: 0,8 mg; Colina: 33 mg; Vitamina D: 2760 UI como Vitamina D₃ ou 25(OH)D₃.

² Calculada com base na composição de alimentos das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011).

Tabela 2. Composição calculada de Ca, P, Pd e relação Ca:Pd das rações experimentais

	Redução de Ca			
	0 %	10 %	20 %	30 %
Ca, 1-7 d (%)	0,920	0,828	0,736	0,644
P, 1-7 d (%)	0,706	0,706	0,706	0,706
Pd, 1-7 d (%)	0,470	0,470	0,470	0,470
Relação Ca:Pd	1,96	1,76	1,57	1,37
Ca, 8-21 d (%)	0,841	0,757	0,672	0,588
P, 8-21 d (%)	0,639	0,639	0,639	0,639
Pd, 8-21 d (%)	0,401	0,401	0,401	0,401
Relação Ca:Pd	2,10	1,89	1,68	1,47
Ca, 22-33 d (%)	0,758	0,682	0,606	0,530
P, 22-33 d (%)	0,595	0,595	0,595	0,595
Pd, 22-33 d (%)	0,354	0,354	0,354	0,354
Relação Ca:Pd	2,14	1,93	1,71	1,50
Ca, 34-42 d (%)	0,663	0,596	0,530	0,464
P, 34-42 d (%)	0,535	0,535	0,535	0,535
Pd, 34-42 d (%)	0,309	0,309	0,309	0,309
Relação Ca:Pd	2,15	1,93	1,72	1,50

O programa de luz utilizado foi de 23 horas de luz artificial e 1 hora de escuro do 1° ao 21° dia de idade e de 20 horas de luz artificial e 4 horas de escuro do 22° ao 42° dia de idade, utilizando-se três lâmpadas fluorescentes de 45 W por sala.

As rações experimentais e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental, sendo a água trocada três vezes ao dia (7h00min, 12h00min e 18h00min).

No 21° dia experimental, foram descartadas duas aves com o peso mais afastado da média de cada unidade experimental. Ao final do período experimental (42 dias de idade), três aves de cada unidade experimental com o peso mais próximo da média da gaiola (10% acima ou abaixo da média) foram utilizadas para as posteriores análises.

Essas aves foram colocadas em jejum alimentar de 12 horas e pesadas. Após esse período, as aves foram encaminhadas ao abatedouro, onde foram insensibilizadas via eletronarcose (com corrente elétrica de 60 V), abatidas por sangria mediante o corte da veia jugular, segundo preconizado pela Instrução Normativa N°3 (MAPA, 2000). Após serem escaldadas e depenadas, duas aves foram evisceradas e as carcaças pesadas para avaliação do rendimento da carcaça e dos cortes.

Uma ave de cada unidade experimental foi utilizada para as análises de qualidade de carne, coleta de sangue e tibia.

Durante a realização do experimento, foram observados e avaliados os seguintes parâmetros:

Consumo de ração

Ao final de cada período experimental (21 e 42 dias) o consumo de ração foi calculado pela diferença entre o total de ração fornecido e as sobras de ração nos comedouros e o desperdício (chão).

Ganho de peso

As aves foram pesadas com 01 dia, 21 dias e aos 42 dias de idade para a determinação do ganho de peso dos animais.

Conversão alimentar

A conversão alimentar foi obtida dividindo-se o consumo de ração pelo ganho de peso corporal acumulado no período.

Rendimento de carcaça

Foram avaliados o peso absoluto (kg) e o rendimento (%) das carcaças evisceradas e dos cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) dos frangos aos 42 dias de idade. Na determinação do rendimento, foi considerado o peso da carcaça limpa e eviscerada, sem pés e cabeça em relação ao peso vivo em jejum. Para os cortes nobres, os cálculos dos rendimentos foram feitos em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Qualidade de carne

A análise de pH, 15 min post mortem foi mensurado o pH (pH inicial) em três pontos distintos do lado direito do músculo do peito, utilizando-se um peagâmetro portátil marca Testo® 205. Em seguida, estas carcaças foram identificadas e mantidas em câmara frigorífica por 24 horas à temperatura de 4°C, para nova aferição do pH final (pH final) utilizando o mesmo peagâmetro.

Em seguida, foi realizada a avaliação da coloração da carne de peito das aves por meio de colorímetro da marca KONICA MINOLTA modelo CR300. Foram avaliadas as características L* (luminosidade– nível de escuro a claro), a* (intensidade de vermelho/verde)

e b* (intensidade de amarelo/azul), com três repetições por ponto, em três diferentes regiões da parte interna do músculo do peito (*pectoralis major*) superior, médio e inferior após exposição ao ar por 30 minutos da superfície de leitura da carcaça para oxigenação na mioglobina.

Para a análise da perda de água por gotejamento (PPG) foi cortado uma amostra do peito esquerdo de uma ave por unidade experimental em aproximadamente 80-100 g e imediatamente pesado. A amostra foi colocada em posição no saco rede e suspenso no saco impermeável cheio de ar, de modo que a amostra não entre em contato com o saco. Após o período de 24 horas, em resfriamento (1-5°C), a amostra foi seca e pesada novamente. O resultado da determinação da perda de água por gotejamento foi expresso em porcentagem do peso inicial.

Para a determinação da perda de peso por cozimento (PPC) foi utilizado o músculo peitoral esquerdo da ave, o qual foi refrigerado e posteriormente pesado, para obtenção do peso antes do cozimento. Este foi embalado sendo em seguida transferido para banho-maria a 85°C por 30 minutos para o seu cozimento a vapor. Após este procedimento, as amostras foram retiradas do banho, resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas, onde a diferença entre o peso inicial e final das amostras correspondeu à perda de água na cocção.

A análise de força de cisalhamento foi realizada com os mesmos filés utilizados na análise de determinação da perda de peso por cozimento. Para tanto, as amostras foram aparadas e cortadas em três retângulos (1,0 x 1,0 x 1,3 cm). A análise acima descrita foi realizada utilizando um texturômetro TAXT2i, acoplado com a probe Warner-Bratzler Shear Force – mecânico, com capacidade de 20 kg e velocidade do seccionador de 20 cm/minuto, fornecendo a medida da força de cisalhamento (FC) da amostra, em quilograma força (kgf.cm⁻²).

Análises sanguíneas

Foi coletado 5mL de sangue, de uma ave por repetição, por meio de punção da veia jugular, utilizando para tal, tubo com anticoagulante (heparina). Após a coleta, o plasma foi extraído por meio da centrifugação a 3.000 rpm por 10 minutos, em seguida, foi transferido para criotubos e imediatamente congelados à temperatura de -18°C, para posterior análises de fósforo, cálcio e fosfatase alcalina total (FAT). Para as análises de FAT, fósforo e cálcio foi utilizado o equipamento automático para bioquímica, marca Mindray, modelo: BS200E, utilizando-se kits de determinação da Bioclin.

O método para a quantificação da fosfatase alcalina mede a reação cineticamente, onde a fosfatase alcalina hidrolisa o p-nitrofenilfosfato, que é incolor, produzindo fosfato e p-nitrofenol, em pH 9,0. A velocidade de aparição do ânion p nitrofenolato (amarelo), a 405 nm,

é proporcional à atividade enzimática da amostra. A dietanolamina, além de regular o pH da reação, intervém ativamente na mesma, atuando como receptor de fosfato liberado pela enzima.

A quantificação do fósforo foi realizada utilizando-se metodologia ultravioleta de ponto final, onde o fósforo inorgânico reage em meio ácido com o molibdato formando fosfomolibdato, cuja intensidade de cor desenvolvida é proporcional à concentração de fósforo presente na amostra, que é lida espectrofotometricamente entre 334 e 360 nm. A metodologia para a determinação do cálcio foi a colorimétrica de ponto final. O cálcio reage com o arsenazo III em meio ácido formando o complexo de coloração azul, cuja intensidade é proporcional à concentração de cálcio na amostra. A absorbância do produto da reação foi medida nos comprimentos de onda entre 600 e 680 nm.

Análises ósseas

Para a determinação das concentrações dos minerais – cálcio e fósforo, a tíbia esquerda de cada ave foi retirada, descarnada e submetida à estufa de 65°C por 72 horas e em seguida, desengorduradas em extrator Soxhlet, como descrito por Silva & Queiroz (2002). Posteriormente foram levadas à estufa a 65°C para secagem por um período de 72 horas. Após a secagem as amostras foram trituradas em moinho tipo bola para posterior preparo da solução mineral, seguindo-se metodologia de Gomes & Oliveira (2011).

As amostras transferidas para tubo de ensaio foram colocadas em bloco digestor contidas com solução digestora em capela de exaustão, aquecidas lentamente até atingir a temperatura de 200°C com aquecimento prolongado até a solução adquirir cor amarelo-clara e o volume do ácido estar reduzido à metade. O precipitado foi então dissolvido por meio da adição de água destilada sendo então a solução filtrada em papel filtro em um funil e o volume completado para 50 mL.

A determinação dos teores de cálcio foi por calorimetria de absorção atômica, e o fósforo dos ossos determinado por espectrometria.

Os valores dos minerais foram expressos em termos de porcentagem em relação ao peso do osso seco e desengordurado e a relação cálcio: fósforo (Ca:P), foi obtida dividindo-se a porcentagem de cálcio pela de fósforo na matéria seca.

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância em Delineamento Inteiramente Casualizados (DIC) e as médias avaliadas pelo teste Tukey com 5% de probabilidade usando o pacote estatístico SAS Institute (2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, a temperatura e a umidade relativa do ar mantiveram-se, respectivamente, em $32,9 \pm 0,48^{\circ}\text{C}$ e $64 \pm 7,14\%$, no período de 1 a 21 dias de idade, e em $31,1 \pm 0,31^{\circ}\text{C}$ e $79 \pm 6,45\%$, de 22 a 42 dias de idade das aves. Os Índices de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) calculado para os períodos de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade das aves foram, respectivamente, $84 \pm 1,42$ e $83 \pm 1,23$. Considerando que Oliveira et al. (2006) caracterizaram o ITGU acima de 81,4 como de estresse por calor para frangos de corte de 1 a 21 dias e que Medeiros et al. (2005) definiu o ITGU entre 78 e 88 como de estresse por calor para frangos de corte na dos 22 a 42 dias, pode-se afirmar que nesse estudo as aves foram mantidas em ambiente de estresse por calor.

Os resultados de desempenho dos frangos de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 3.

Não houve interação ($P>0,05$) entre as fontes de vitamina D e os níveis de cálcio sobre o desempenho dos frangos nos períodos de 1 a 21 e de 1 a 42 dias.

As reduções de cálcio das rações, independente das fontes de vitamina D, não influenciaram ($P>0,05$) o desempenho dos frangos de corte nos períodos de 1 a 21 e de 1 a 42 dias. Esses resultados estão consistentes com os obtidos por Li et al. (2012) que não encontraram diferença significativa no desempenho das aves quando alimentadas com rações contendo baixos níveis de cálcio. No entanto, esses mesmos autores, verificaram que quando forneceram níveis de cálcio acima das exigências das aves, ocorreu redução no consumo e conseqüentemente no ganho de peso. Assim, com base nesses resultados, pode-se afirmar, que as aves são mais sensíveis ao excesso do que a deficiência cálcio da dieta.

O fato da redução de cálcio não ter influenciado o desempenho das aves seria um indicativo que pode ter ocorrido aumento na eficiência de sua absorção. De acordo com Blahos et al. (1987) níveis sub ótimos de cálcio por aumentar a atividade da enzima 1- α -hidrolase nos rins das aves, e conseqüentemente nos níveis de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ plasmático resultaria no aumento da expressão da proteína transportadora de cálcio no intestino.

Em relação às fontes de vitamina D, não se observou variação ($P>0,05$) no consumo de ração (CR) e na conversão alimentar (CA) dos frangos no período de 1 a 21 dias. Entretanto, foi constatado uma melhora de 2,92% no valor absoluto da CA das aves que foram alimentadas com as rações contendo o $25(\text{OH})\text{D}_3$. Esse resultado está coerente com os obtidos por Zhang et al., 1997; Edwards, 2002; Ledwaba et al., 2003; Fritts & Waldroup, 2005; Rao et al., 2008, que

também não verificaram variação significativas nesses parâmetros em razão das fontes de vitamina D utilizadas nas dietas das aves.

Embora não significativo ($P=0,0568$), a melhora de 2,92% ocorrida na CA, quando se utilizou o 25(OH)D₃, foi suficiente para resultar em aumento ($P<0,05$) no GP dos frangos no período de 1 a 21 dias. De forma similar, Fritts & Waldroup (2003) verificaram melhora no GP das aves de 1 a 21 dias, quando se utilizou em 25(OH)D₃ comparativamente a utilização da vitamina D₃.

A melhor eficiência no crescimento das aves utilizando o 25(OH)D₃ pode estar relacionado, entre outros fatores, a sua maior eficiência de absorção quando comparada a da VitD₃. Essa maior eficiência de absorção do 25(OH)D₃ pode ser justificado pelo fato de que a sua hidroxilação, por torna-la mais polar, facilitaria a sua absorção (Applegate & Angel 2005). Além disso, de acordo com Swiatkiewicz et al. (2006) no período inicial, as aves não possuem o sistema enzimático completo para realizar a hidroxilação no fígado, o que favorece a eficiência de metabólitos prontamente ativos, como o 25(OH)D₃.

Com relação ao período de 1 a 42 dias não se observou influência ($P>0,05$) das fontes de vitamina D em nenhum dos parâmetros de desempenho dos frangos de corte. Esses resultados corroboram com Angel et al., 2006; Fritts & Waldroup, 2005; Roberson et al., 2005 que avaliando fontes de vitamina D (25(OH)D₃) em rações de frango de corte para as fases de crescimento e terminação também não observaram variação significativa nos parâmetros de desempenho das aves.

Por outro lado, os resultados obtidos nesse estudo, contrastam com os encontrados por Santiago et al (2016) que avaliando 25(OH)D₃ fornecida na água verificaram maior ganho de peso dos frangos que receberam a suplementação de 25(OH)D₃ no período de 1 a 42 dias. A forma de fornecimento das vitaminas (ração ou água), bem como, a dosagem utilizada, justificam a divergência de resultados entre os estudos. Resultados divergentes, dos obtidos nesse estudo, também foram encontrados por Ledesma et al. (2006) e Morris et al. (2014) que ao avaliarem fontes de vitamina D, 25(OH)D₃ ou VitD₃, para frangos de corte sob desafio por micotoxinas ou LPS, constataram melhores resultados de desempenho, quando se utilizou o 25(OH)D₃. Com os resultados desses autores pode-se inferir que o nível de desafio imunológico das aves pode alterar o padrão de resposta dos animais às fornecidas nas rações, favorecendo a fonte 25(OH)D₃. Esse resultado está consistente com o relato de Morris et al. (2014) que a utilização do 25(OH)D₃ por diminuir a resposta imune inflamatória, resulta em melhora no crescimento dos frangos de corte.

Tabela 3 - Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 e de 1 a 42 dias de idade, alimentados com diferentes fontes de vitamina D e níveis decrescentes de cálcio, mantidos em ambiente de alta temperatura

Variável	Redução de Cálcio (%)				Fonte de Vit D		CV %	Fonte de Variação (P Valor)		
	0	10	20	30	D ₃	25-OH		Ca	Vit	Int
1-21 dias										
Consumo de ração (g)	1200	1221	1217	1213	1211	1214	5,61	0,8587	0,8481	0,5117
Ganho peso (g)	905	907	901	880	884b	912a	5,05	0,374	0,0226	0,2374
Conversão alimentar	1,32	1,34	1,35	1,38	1,37	1,33	5,96	0,3291	0,0568	0,3139
1-42 dias										
Consumo de ração (g)	3613	3715	3603	3562	3613	3633	4,72	0,1244	0,6646	0,4662
Ganho peso (g)	2354	2352	2348	2313	2321	2363	5,62	0,8227	0,2318	0,2603
Conversão alimentar	1,53	1,58	1,53	1,54	1,55	1,53	3,95	0,1705	0,2312	0,5846

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

CV (%): Coeficiente de variação.

Os resultados de características de carcaça, cortes nobres (peito, sobrecoxa e coxa) e qualidade de carne (pH, perda de água por descongelamento (PAD), perda de água por cocção (PAC), força de cisalhamento (FC) e coloração (L*, a*, b*) dos frangos, aos 42 dias de idade, estão apresentados na Tabela 4 e 5.

Não se observou interação ($P > 0,05$) entre as fontes de vitamina D e níveis de cálcio nas características de carcaça, cortes nobres e qualidade de carne.

Independente das fontes de vitamina D, as reduções de cálcio das rações, não influenciaram ($P > 0,05$) os dados de características de carcaça e de cortes nobres. De forma semelhante, em estudo conduzido com frangos de corte avaliando a redução de até 25% do nível de cálcio da ração, Araújo et al. (2002) também não verificaram variação significativa nos dados de rendimento de carcaça, coxa e sobrecoxa das aves.

Os resultados de carcaça e de cortes nobres obtidos estão coerentes com os de CA que não evidenciou possível variação na composição do ganho de peso das aves. E com os dados de desempenho e de carcaça ficou também evidenciado que os níveis de cálcio nas rações para frangos de corte nas fases de 1 a 21 e 1 a 42 dias de idade, preconizados, por Rostagno et al. (2011) podem estar superestimados.

O rendimento de carcaça e cortes nobres não variaram ($P > 0,05$) devido às fontes de vitamina D avaliadas. Os dados de rendimento de carcaça estão coerentes com os obtidos por Angel et al. (2006), enquanto que os de coxa e sobrecoxa foram similares aos encontrados por Brito et al. (2010), que não observaram diferença significativa ao avaliarem fontes de vitamina D, 25(OH)D₃ ou VitD₃, para frangos de corte.

Tabela 4 - Rendimento de carcaça e cortes nobres (peito, coxa e sobrecoxa) de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes fontes de vitamina D e níveis decrescentes de cálcio, mantidos em ambiente de alta temperatura

Variável	Redução de Cálcio (%)				Fonte de Vit D		CV %	Fonte de Variação (P Valor)		
	0	10	20	30	D ₃	25-OH		Ca	Vit	Int
Carcaça (%)	90,31	90,04	89,44	90,04	89,59	90,32	2,80	0,9106	0,4808	0,7993
Peito (%)	34,32	33,95	34,22	34,28	34,15	34,23	6,79	0,7975	0,8867	0,0898
Coxa (%)	12,09	12,25	12,22	12,22	12,23	12,15	5,59	0,8256	0,538	0,4147
Sobrecoxa (%)	14,32	14,57	14,67	14,20	14,49	14,39	7,34	0,3198	0,5986	0,3175

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

CV (%): Coeficiente de variação.

Por outro lado, os dados de rendimento de peito obtidos nesse estudo diferem dos encontrados por Vignale (2015) que verificaram variação significativa desse parâmetro avaliado nos frangos de corte aos 42 dias, em razão da substituição da VitD₃ por 25(OH)D₃ nas rações. O autor sugeriu que esse efeito estaria relacionado ao fato do 25(OH)D₃ ativar o receptor VDR nuclear, aumentando a transcrição e ativação de mTor, o que resultou em aumento na produção de carne de peito. O alto nível de 25(OH)D₃ utilizado por esse autor (5500UI) comparativamente ao avaliado no presente estudo (2276UI), pode justificar a divergência de resultados.

Não se observou efeito ($P > 0,05$) das reduções dos níveis de cálcio, independente das fontes de vitamina D, no pH e na qualidade de carne e quanto aos valores de PAD, PAC, FC e coloração da carne de peito das aves. Esses resultados evidenciaram que níveis sub ótimos de cálcio em até 30% abaixo da exigência, não comprometeu os parâmetros de qualidade de carne do peito dos frangos. De acordo com relato de Johnson et al. (1990) o nível de cálcio utilizado na dieta geralmente não influencia os parâmetros de qualidade de carne de peito de frango, uma vez que, a atividade da calpaína, principal enzima responsável pela proteólise muscular, necessita de uma concentração de cálcio livre celular que normalmente não é alterado pela sua concentração na dieta.

As fontes de vitamina D, não influenciaram ($P > 0,05$) o pH e os parâmetros de qualidade da carne avaliados. Esses resultados corroboram os encontrados por Garcia et al. (2013) que avaliando o 25(OH)D₃, e outros metabólitos da vitamina D nas rações de frango de corte, não observaram variação significativa no pH e na qualidade de carne do peito das aves.

Considerando que segundo Qiao et al. (2001) e Fletcher (2002) o pH da carne, por exercer ação direta nas proteínas e nos pigmentos que às compõem e constituir o principal parâmetro que influencia as características de perda de água, maciez e coloração da carne, pode-se afirmar que os dados obtidos de qualidade de carne estão coerentes com os de pH.

Tabela 5 - Qualidade de carne de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes fontes de vitamina D e níveis decrescentes de cálcio, mantidos em ambiente de alta temperatura

Variável	Redução de Cálcio (%)				Fonte de Vit D		CV	Fonte de Variação (P Valor)		
	0	10	20	30	D ₃	25-OH		%	Ca	Vit
¹ L*	58,58	59,56	58,98	60,52	59,43	59,39	6,24	0,5455	0,9631	0,2829
² a*	5,85	5,92	5,95	5,70	5,95	5,76	17,77	0,9221	0,4823	0,741
³ b*	16,00	17,19	17,04	17,40	16,88	16,93	9,93	0,1378	0,8983	0,3189
pH inicial	6,30	6,38	6,29	6,34	6,32	6,33	1,87	0,2125	0,6704	0,9337
pH final	5,94	5,99	5,94	5,99	5,98	5,95	2,04	0,4502	0,4259	0,352
⁵ PG (g)	2,33	2,36	2,33	2,20	2,37	2,24	14,07	0,5583	0,1421	0,9514
⁶ PAD (%)	13,25	12,18	13,15	13,14	12,58	13,28	20,69	0,6863	0,3319	0,2204
⁷ PAC (%)	12,06	10,96	11,97	11,76	12,20	11,17	22,63	0,6816	0,1537	0,1488
⁸ FC (%)	1,66	1,73	1,60	1,89	1,72	1,72	18,40	0,1068	0,9685	0,2671

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

¹Luminosidade, ²Intensidade de vermelho/verde, ³Intensidade de amarelo/azul, ⁴Temperatura, ⁵Perda de água por gotejamento, ⁶Perdade de água por descongelamento, ⁷Perda de água por cocção, ⁸Força de cisalhamento.

CV (%): Coeficiente de variação.

Quanto a luminosidade da carne, os valores de L* encontrados nesse estudo, considerando o proposto por Woelfel et al. (2002), por serem menores que <59,8 e estarem associados a pH inicial >5,76 podem ser classificados como valores de carne de boa qualidade.

As concentrações séricas de Cálcio (Ca), Fósforo (P) e Fosfatase Alcalina Total (FAT) dos frangos, consumindo rações com níveis sub ótimos de cálcio e abatidas aos 42 dias de idade, estão apresentadas na Tabela 6.

Não houve interação (P>0,05) entre as fontes de vitamina D e níveis de cálcio sobre as concentrações séricas de Ca, P e FAT dos frangos aos 42 dias.

Não se observou efeito (P>0,05) da redução dos níveis de cálcio das rações nas concentrações séricas do Ca, P e FAT. Do mesmo modo Han et al. (2016) também verificaram que a variação no nível de cálcio da dieta de frangos de corte contendo diferentes fontes de vitamina D (25(OH)D₃ x 1 α -OH-D₃) não influenciaram os níveis de Ca e P séricos.

Tendo como base o fato de que o aumento do nível sérico da FAT está associado a ocorrência de raquitismo nas aves (Scheffel, 2010), pode-se afirmar que a redução de até 30% de cálcio na ração não comprometeu a mineralização óssea dos animais.

Em relação às fontes de vitamina D, foi observado aumento (P<0,05) do nível sérico de Ca e P quando se utilizou 25(OH)D₃. A maior concentração sérica desses minerais utilizando o 25(OH)D₃ pode estar relacionado, entre outros fatores, a maior eficiência da absorção do Ca e

Tabela 6 - Concentrações séricas de Cálcio, Fósforo e Fosfatase Alcalina de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes fontes de vitamina D e níveis decrescentes de cálcio, mantidos em ambiente de alta temperatura

Variável	Redução de Cálcio (%)				Fonte de Vit D		CV	Fonte de Variação (P Valor)		
	0	10	20	30	D ₃	25-OH		%	Ca	Vit
Cálcio (mg/dL)	7,78	8,04	8,50	7,97	7,75b	8,40a	11,53	0,235	0,0114	0,5214
Fósforo (mg/dL)	5,30	5,54	5,60	5,32	5,24b	5,64a	9,98	0,3427	0,0089	0,4817
FAT (μL)	403,53	409,06	389,53	467,39	436,24	398,51	31,86	0,4318	0,2935	0,8886

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

CV (%): Coeficiente de variação.

P. Segundo Schenck et al. (2007), quando as concentrações séricas de Ca e P diminuem ocorre aumento da atividade da enzima 1-alfa-hidroxilase nos rins, que aumenta a hidroxilação do 25(OH)D₃ e as concentrações plasmáticas de 1,25(OH)₂D₃ resultando em maior absorção desses minerais. Em acordo com esses relatos Aburto et al. (1998) associaram aumento do nível do Ca sérico em razão da suplementação do 25(OH)D₃ na dieta de frango de corte.

Não se observou variação (P>0,05) na concentração sérica da FAT em virtude das fontes de vitamina D avaliadas. Embora não tenha havido variação significativa, a suplementação de 25(OH)D₃ nas dietas resultou em uma redução média de 8,64% nos valores absoluto de FAT no soro dos frangos. Como de acordo com Demay (1995), a concentração de fosfatase alcalina varia em uma proporção inversa para a concentração de 25(OH)D₃ no soro, pode-se deduzir que ocorreu um possível aumento desse metabolito da vitamina D no soro sanguíneo, o que estaria de acordo com o relato anterior de possível melhora na absorção de Ca e P.

Os resultados de Ca e P nas tíbias, expressos na base seca e desengordurada, das aves aos 42 dias de idade, encontram-se descritos na Tabela 7.

Não houve interação (P>0,05) entre as fontes de vitamina D e níveis de cálcio sobre a porcentagem de Ca e P nas tíbias.

Não se verificou efeito (P>0,05) da redução dos níveis de cálcio das rações nas concentrações de Ca e P na tíbia das aves. Esses resultados diferem dos obtidos por Li et al. (2012) que verificaram redução na concentração de cálcio na tíbia devido a diminuição de 45,50% dos níveis de cálcio (1,10 x 0,60%), em que a sua relação com o fósforo não fitico foi mantido fixo nas dietas. A diferença quanto a redução do nível do cálcio (45,50% x 30,00%) avaliado, somado ao fato de que a sua relação com o fosforo não fitico foi mantido fixa, nas rações, são fatores que podem influenciar o padrão de resposta das aves resultando em divergência de resultados.

Tabela 7 - Porcentagem de cálcio e fósforo na tíbia de frangos de corte aos 42 dias de idade, alimentados com diferentes fontes de vitamina D e níveis decrescentes de cálcio, mantidos em ambiente de alta temperatura

Variável	Redução de Cálcio (%)				Fonte de Vit D		CV	Fonte de Variação (P Valor)		
	0	10	20	30	D ₃	25-OH		%	Ca	Vit
Cálcio (%)	12,97	12,65	12,71	13,26	12,84	12,96	6,44	0,2047	0,6002	0,5941
Fósforo (%)	7,01	6,90	6,85	7,15	7,02	6,93	7,34	0,116	0,3306	0,3219
Ca:P	1,84	1,83	1,85	1,85	1,82	1,86	5,90	0,9501	0,175	0,9986

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

CV (%): Coeficiente de variação.

Os dados de porcentagem de Ca e P nos ossos associados aos de desempenho obtidos nesse estudo confirmam o relato anterior de que os níveis desses minerais recomendados por Rostagno et al. (2011) para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade podem estar superestimados.

As fontes de vitamina D não influenciaram ($P > 0,05$) às porcentagens de Ca e P nas tíbias das aves. Em contrapartida, autores como Atencio et al. (2005) e Ledwaba & Roberson (2003) relataram maior eficiência do 25(OH)D₃ em aumentar a concentração de cinzas nas tíbias de frangos de corte em relação à vitamina D₃. As diferenças nas dosagens dos produtos avaliados, associado as da condição ambiental, verificadas entre os estudos, seriam fatores que poderiam fundamentar a inconsistência de resultados.

4. CONCLUSÃO

A substituição da VitD₃ por 25(OH)D₃ e a redução de 30% de cálcio variando a relação Ca:P de 1,37 a 2,15 nas rações não comprometeram o desempenho, características de carcaça, qualidade de carne e deposição de Ca e P nos ossos de frangos aos 42 dias de idade mantidos em ambiente de estresse por calor.

5. REFERÊNCIAS

- ABURTO, A.; EDWARDS, JR, H.M.; BRITTON, W.M.; The influence of Vitamin A on the utilization and amelioration of toxicity of cholecalciferol, 25-hydroxycholecalciferol, and 1,25-dihydroxycholecalciferol in young broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v77, p.585-593, 1998.
- ANGEL, R.; SAYLOR, W.W.; MITCHELL, A.D.; et al. Effect of dietary phosphorus, phytase and 25-hydroxycholecalciferol on broiler chicken bone mineralization litter phosphorus, and processing yields. **Poultry Science**, v.85, p.1200-1211, 2006.
- ARAÚJO, C. S.; ARTONI, S.M.; ARAÚJO, L.F.; et al. Desempenho, Rendimento de Carcaça e Excreção de Cálcio de Frangos de Corte Alimentados com Diferentes Níveis de Aminoácidos e Cálcio no Período de 22 a 42 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2209-2215, 2002.
- ARNOLD, J.; MADSON, D.M.; ENSLEY, S.M.; et al. Survey of sérum vitamin D status across stages of swine production and evaluation of supplemental bulk vitamin D premixes used in swine diets. **Journal of Swine Health and Production**, v.23, p.24-34, 2015.
- ATENCIO, A.; EDWARDS JR, H.M.; PESTI, G.M. Twenty-five hydroxycholecalciferol as a cholecalciferol substitute in broiler breeder hen diets and its effect on the performance and general health of the progeny. **Poultry Science**, Champaign, v.84, p.1277-1285, 2005.
- APPLEGATE, T.J.; ANGEL, R. Los metabolitos de la vitamina D son prometedores para uso en dietas avícolas. **Vademécum Avícola**, 2005.
- BLAHOS, J.; CARE, A.D.; SOMMERVILLE, B.S. Effect of low calcium and low phosphorus diets on duodenal and ileal absorption of phosphate in chick. **Endocrinol.** v.21, p.59-64, 1987.
- BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.C.; FASSANI, E.J.; et al. Efeito da vitamina D₃ e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2656-2663, 2010.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **American Society of Agricultural Engineers**, v.24, p.711-714, 1981.
- COBB-VANSTRESS. **Manual de manejo de frangos de corte cobb**. Guapiaçu, SP: Cobb-Vantress Brasil. p.66, 2008.
- COBEA. **Colégio Brasileiro de Experimentação Animal**. Princípios éticos na experimentação animal. São Paulo; 1991. Disponível em: <http://www2.fcfar.unesp.br/Home/ComitedeEtica/principios%20eticos%20na%20experimentacao%20animal%20coba.pdf>. Acesso em 02/05/2016.
- COLLIN, A.; LOYAU, T.; BEDRANI, L.; et al. Adaptive response of chickens to hot environments induced by changing incubation temperature. **Proceedings of 24th World's Poultry Congress**, Bahia-Salvador, Brazil, p.1-7, 2012.

CONY, A.V.; ZOCHE, A.T. Manejo de Frangos de Corte. In: MENDES, A.A.; NAAS, I.A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: FACTA, p.117-136, 2004.

DEMARY, M.B. Hereditary defects in vitamin D metabolism and vitamin D receptor defects. In: **Endocrinology**, vol.2, 3rd ed. W. B. Saunders Co. Philadelphia, PA, p.1173-1178, 1995.

DUARTE, K.F.; JUNQUEIRA, O.M.; FILARDI, R.S.; et al. Efeito dos níveis de energia e programas de alimentação sobre a qualidade de carcaça e desempenho de frangos de corte abatidos tardiamente. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v.29, p.39-47, 2007.

EDWARDS JR. H.M. Studies on the efficiency of cholecalciferol and derivatives for stimulating phytate utilization in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v.81, p.1026-1031, 2002.

FLETCHER, D.L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v.58, p.131-145, 2002.

FRITTS, C.A.; WALDROUP, P.W. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v.12, p.45-52, 2003.

FRITTS, C.A.; WALDROUP, P.W. Comparison of cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol in broilers diets designed to minimize phosphorus excretion. **Journal Applied Poultry Research**, v.14, p.156-166, 2005.

GARCIA, A.F.; MURAKAMI, A.E.; DUARTE, C.R.D.A.; et al. Use of Vitamin D₃ and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences** v.26, p.408-415, 2013.

GOMES, J.C.; OLIVEIRA, G.F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa: Editora UFV, p.235, 2002.

HAN, J.; WANG, J.; CHEN, G.; et al. Effects of calcium to non-phytate phosphorus ratio and different sources of vitamin D on growth performance and bone mineralization in broiler chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, p.1-7, 2016.

HARDER, M.N.C. **Efeito do urucum (*Bixa orellana*) na alteração de características de ovos de galinhas poedeiras**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.1-7, 2005.

HONIKEL, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v.49, p.447-457, 1998.

KORVER, D. Research, analytical techniques and practical experiences using HyD™. In: ARKANSAS NUTRITION CONFERENCE, 2005, Arkansas. **Proceedings...** Arkansas: p.12, 2005.

LI J.H, YUAN J.M.; GUO Y.M.; SUN Q.J.; et al. The influence of dietary calcium and phosphorus imbalance on intestinal NaPi-IIb and calbindin mRNA expression and tibia parameters of broilers. Asian-Australas. **Journal Animal Science**, v.25, p.552-558, 2012.

JOHNSON, M.H.; CALKINS, C.R.; HUFFMAN, R.D.; et al. Differences in cathepsin B + L and calcium –dependent protease activities among breed type and their relationship to beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2371-2379, 1990.

LEDESMA M.N.; CASAUBON, H.M.T.; MORENO, M.E.; et al. Efecto del 25-Hidroxicolecalciferol (25-OH-D₃) en presencia de aflatoxina B1 en presencia de aflatoxina b1, sobre el comportamiento productivo en el pollo de engorda. REDVET. **Revista Electrónica de Veterinaria**, VII, p.1-12, 2006.

LEDWABA, M.F.; ROBERSON, K.D. Effectiveness of twenty-five-hydroxycholecalciferol in the prevention of tibial dyscondroplasia in Ross cockerels dependo n dietary calcium level. **Poultry Science**. Champaign, v.82, p.1769-1777, 2003.

MAPA. Ministério da agricultura e do abastecimento. Secretaria de defesa agropecuária. **Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1793>. Acesso em: 23/06/2016.

MEDEIROS, C.M.; BAÊTA, F.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; et al. Efeito da temperatura, umidade relative e velocidade do ar em frangos de corte. **Engenharia na Agricultura**, v.13, p.277-286, 2005.

MELLO, H. H. D.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; et al. Dietary requirements of available phosphorus in growing broiler chickens at a constant calcium:available phosphorus ratio. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.41, p.3432-3439, 2012.

MONTGOMERY, J.L.; PARRISH JR, F.C.; BEITZ, D.C.; et al. The use of vitamin D 3 to improve beef tenderness. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2615–2621, 2000.

MORRIS, A., SHANMUGASUNDARAM, R., LILBURN, M.S.; et al. 25Hydroxycholecalciferol supplementation improves growth performance and decreases inflammation during an experimental lipopolysaccharide injection. **Poultry Science**, v.93, p.1951-1956, 2014.

MUJAHID, A.; YOSHIKI, Y.; AKIBA, Y.; et al. Superoxide radical production in chicken skeletal muscle induced by acute heat stress. **Poultry Science**, v.84, p.307-314, 2005.

NAHM, K.H. Efficient phosphorus utilization in poultry feeding to lessen the environmental impact of excreta. **World's Poultry Science Journal**, v.63, p.625-654, 2007.

OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L; ABREU, M.L.T.; et al. Efeito da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.797-803, 2006.

QIAO, M.; FLETCHER, D.L.; SMITH, D.P.; et al. The effect of broiler meat color on pH, moisture, water-holding capacity and emulsification capacity. **Poultry Science**, v.80, p.676-680, 2001.

SAHIN, K.; ONDERCI, M.; SAHIN, N.; et al. Dietary vitamin C and folic acid supplementation ameliorates the detrimental effects of heat stress in Japanese quail. **The Journal of nutrition**, v.133, p.1882-1886, 2003.

SANTIAGO, M.; DAVID, S.; ALEXANDRA, N.; et al. Effect of 25hydroxycholecalciferol (25-OH-D₃) on productive performance and bone mineralization in broiler. **Open Journal of Animal Sciences**. v.6, p.180-184, 2016.

SAS. **Statistical Analysis System**. User's Guide: Verson 9.2 Review Edition. SAS Institute Inc, Cary, NC, 2009.

SCHEFFEL, R.S.; FURLANETTO, T.W.; KRUG, B.C.; et al. Protocolo Clínico e Diretrizes terapêuticas: **Raquitismo e Osteomalácia**. Portaria Ministério da Saúde 2010.

SHAFEY, T. M.; MCDONALD, M. W.; PYM, R. A. E. Effects of dietary calcium, available phosphorus and vitamin d on growth rate, food utilisation, plasma and bone constituents and calcium and phosphorus retention of commercial broiler strains. **British Poultry Science**, v.31, p.587-602, 1990.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. p.235, 2002.

SOARES JR, H. H.; KERR, J. M.; GRAY, R. W. 25-hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. **Poultry Science**, v.74, p.1919-1934, 1995.

ŚWIĄTKIEWICZ, S.; KORELESKI J.; KOPOWSKI J. Effect of phytase and 25-hydroxycholecalciferol on performance and bone quality in broiler chickens. **Medycyna weterynaryjna**, v.62, p.81-84, 2006.

RAO, S.V.R.; RAJU, M.V.L.N.; PANDA, A.K. Effect of high concentrations of cholecalciferol on growth, bone mineralization and mineral retention in broiler chicks fed suboptimal concentrations of calcium and nonphytate phosphorus. **Journal of Applied Poultry Research**, v.15, p.493-501, 2008.

ROBERSON, K. D.; LEDWABA, M. F. Studies on the Efficacy of Twenty-Five-Hydroxycholecalciferol to Prevent Tibial Dyschondroplasia in Ross Broilers Fed Marginal Calcium to Market Age. **Poultry Science**. v.4, p.85-90, 2005.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa: Editora UFV, 2011.

SCHENCK, P.A.; CHEW, D.J.; LARRY, A.N. et al. Distúrbios relacionados ao cálcio: hiper e hipocalcemia. In: DIBARTOLA, S.P. **Anormalidades de fluidos, eletrólitos e equilíbrio ácido-básico**. 3.ed. São Paulo: Roca, p.664, 2007.

ŚWIĄTKIEWICZ S.; KORELESKI J.; KOPOWSKI J. Effect of phytase and 25-hydroxycholecalciferol on performance and bone quality in broiler chickens. **Medycyna weterynaryjna**, v.62, p.81–84, 2006.

TESSERAUD, S.; TEMIM, S. Modifications métaboliques chez le poulet de chair en climat chaud: conséquences nutritionnelles. **Productions Animales-Paris-Institut National de la Recherche Agronomique**, v.12, p.353-364, 1999.

VIGNALE, K.; GREENE, E.S.; CALDAS, J.V.; et al. 25-hydroxycholecalciferol enhances male broiler breast meat yield through the mTOR pathway. **The Journal of Nutrition**, v.145, p.855-863, 2015.

WOELFEL, R.L.; OWENS, C.M.; HIRSCHLER, E.M.; et al. The characterization and incidence of pale, soft and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v.81, p.579-584, 2002.

YARGER, J.G.; QUARLES, C.L.; HOLLIS, B.W.; et al. Safety of 25-hydroxycholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, v.74, p.1437-1446, 1995.

ZHANG, X.; LIU, G.; MCDANIEL, G.R.; et al. Response of broiler lines selected for tibial dyschondroplasia incidence to supplementary 25-hydroxycholecalciferol. **Journal Applied Poultry Research**, v.6, p.410-416, 1997.