

Souza, CS, Vieites, FM, Nunes, RV, Brusamarelo, E, Reis, TL, Lima, CAR & Vargas Jr, JG. (2020). Supplement of 1,25-dihydroxycholecalciferol and reduction of calcium and available phosphorus to female broilers. *Research, Society and Development*, 9(7): 1-15, e119973975.

Suplemento de 1,25-dihidroxicolecalciferol e redução de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte fêmeas

Supplement of 1,25-dihydroxycholecalciferol and reduction of calcium and available phosphorus to female broilers

Suplemento de 1,25-dihidroxicolecalciferol y reducción de calcio y fósforo disponible para pollos de engorde hembras

Recebido: 26/04/2020 | Revisado: 26/04/2020 | Aceito: 27/04/2020 | Publicado: 01/05/2020

Christiane Silva Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7829-0771>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: christianessouza@gmail.com

Flávio Medeiros Vieites

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0037-2125>

Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil

E-mail: fmvieites@yahoo.com.br

Ricardo Vianna Nunes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3803-5810>

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

E-mail: nunesrv@hotmail.com

Emanuele Brusamarelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6318-9774>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: leli_zootecnia@hotmail.com

Túlio Leite Reis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2141-8740>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: tulioreis@hotmail.com

Cristina Amorim Ribeiro de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2018-5965>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: criblima@terra.com.br

José Geraldo de Vargas Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6801-5629>

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

E-mail: jose.vargas@ufes.br

Resumo

A indústria avícola tem buscado programas nutricionais eficazes a fim de se obter o suprimento exato de nutrientes aos animais, reduzir os custos e minimizar os impactos ambientais advindos de excretas da produção animal. Dentre tais nutrientes, têm-se as vitaminas e os minerais, essenciais para o desenvolvimento animal, uma vez que participam em inúmeros processos fisiológicos. Objetivou-se avaliar o desempenho e o rendimento de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte fêmeas alimentados com rações suplementadas com 1,25-dihidroxicolecalciferol ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$) e níveis reduzidos de cálcio (Ca) e fósforo disponível (P_{disp}). Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos (0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 μg de vitamina D_3 ativa/kg de ração), e seis repetições com 17 aves cada ($n=612$). A vitamina D_3 ativa estudada ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ -glicosídeo) foi de origem vegetal, advinda da *Solanum glaucophyllum*. No uso suplementar até 5 μg $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3/\text{kg}$ de ração associado aos níveis subótimos de Ca e P_{disp} verificou-se decréscimo linear no consumo de ração ($p<0,05$), melhoria da conversão alimentar ($p<0,05$) e resultados satisfatórios de rendimentos de carcaça e de cortes nobres comerciais (peito e coxa + sobrecoxa) de frangos de corte fêmeas aos 42 dias de idade.

Palavras-chave: Desempenho; Nutrição avícola; Rendimento de carcaça; Vitamina D.

Abstract

The poultry industry has required effective nutritional programs to obtain the exact supply of nutrients to animals, to reduce costs, and to minimize the environmental impacts arising from excreta from animal production. Among such nutrients, there are vitamins and minerals, essential for animal development, since they participate in numerous physiological processes. The objective of this study was to evaluate the performance and yield of carcass and noble cuts yield of female broilers fed diets supplemented with 1,25-dihydroxycholecalciferol ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$) and reduced levels of calcium (Ca) and available phosphorus (P_{av}). A randomized block design was used, with six treatments (0.0; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 μg of

active vitamin D₃/kg of diet), and six repetitions with 17 birds each (n=612). The active vitamin D₃ studied (1,25(OH)₂D₃-glycoside) was of herbal origin, derived from *Solanum glaucophyllum*. The supplementary use up to 5 µg 1,25(OH)₂D₃/kg of feed associated with suboptimal levels of Ca and P_{av}, there was a linear decrease in feed consumption (p<0.05), improvement in feed conversion (p<0.05), and satisfactory results of carcass yields and commercial noble cuts (breast and thigh + drumstick) of female broilers at 42 days of age.

Keywords: Carcass yield; Performance; Poultry nutrition; Vitamin D.

Resumen

La industria avícola busca programas nutricionales efectivos para obtener el suministro exacto de nutrientes a los animales, reduciendo costos y minimizando los impactos ambientales derivados de la excreta de la producción animal. Entre dichos nutrientes, hay vitaminas y minerales, esenciales para el desarrollo animal, ya que participan en numerosos procesos fisiológicos. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento y el rendimiento de la canal y los cortes principales de hembras de engorde alimentadas con dietas suplementadas con 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25(OH)₂D₃) y niveles reducidos de calcio (Ca) y fósforo disponible (P_{disp}). Se utilizó un diseño de bloques al azar, con seis tratamientos (0.0; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 y 5.0 µg de vitamina D₃ activa/kg de alimento), y seis repeticiones con 17 hembras cada uno (n=612). La vitamina D₃ activa estudiada (1,25(OH)₂D₃-glucósido) era de origen vegetal, derivada de *Solanum glaucophyllum*. En el uso suplementario de hasta 5 µg 1,25(OH)₂D₃/kg de alimento asociado con niveles subóptimos de Ca y P_{disp}, hubo una disminución lineal en el consumo de alimento (p<0.05), mejoría en la conversión de alimento (p<0.05) y valores satisfactorios de rendimientos de carne y cortes nobles comerciales (pechuga y contra muslo + muslo) de hembras de engorde a los 42 días de edad.

Palabras clave: Desempeño; Nutrición avícola; Rendimiento de carne; Vitamina D.

1. Introdução

A Avicultura de Corte destaca-se no agronegócio do Brasil, como segmento gerador de empregos, renda e fontes alimentares nutritivas à população. Em 2018, a produção de carne de frango foi de 12,86 milhões de toneladas, o que manteve o país na posição de maior exportador e segundo maior produtor mundial. O consumo *per capita* de carne de frango foi de 41,99 kg (Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, 2020).

O sucesso do setor avícola decorre das inúmeras modificações ocorridas nos últimos anos, tais como as melhorias nas áreas de manejo, nutrição, genética, sanidade, instalações e tecnologias (Souza et al., 2019). As preocupações com o meio ambiente, saúde, bem-estar e nutrição precisa das aves estão cada vez maiores.

Dentre as estratégias avaliadas, têm-se o suprimento exato de nutrientes às aves, o uso de aditivos biotecnológicos, bem como de diferentes planos dietéticos, com acréscimo de vitaminas, tais como a vitamina D₃ e seus metabólitos, e/ou redução de minerais, ou fornecimento de minerais em formas quelatadas. Bajwa et al. (2020) evidenciaram que as vitaminas e os minerais são usados em menor quantidade nas rações, entretanto, apresentam grande importância fisiológica.

Os minerais constituem componentes estruturais importantes do organismo animal, tais como os ossos e outros tecidos moles, desempenham papéis no equilíbrio ácido-base, na regulação da pressão osmótica e na permeabilidade de membranas (Samanta et al., 2019). O esqueleto constitui no maior reservatório de cálcio (Ca) e fósforo (P) do organismo animal. O *turnover* ósseo assegura parte do atendimento das exigências biológicas de Ca e P, sendo a outra parte via dieta (Vieites et al., 2017).

A utilização de Ca e P para as suas respectivas funções metabólicas determinam-se pela eficiência de absorção intestinal, pela filtração glomerular, pela reabsorção tubular renal, pelas taxas de transferência do sangue para o osso, pelas perdas endógenas intestinais (Li et al., 2016), e pelas concentrações de outros nutrientes na dieta (Li et al., 2017). As eficiências dos referidos processos modulam-se por vários hormônios, tais como o paratormônio (PTH) e o calcitriol, 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25(OH)₂D₃), (Li et al., 2016; Vieites et al., 2017).

O 1,25(OH)₂D₃ refere-se a forma ativa da vitamina D, essencialmente necessária para a absorção de Ca e P (Cho et al., 2020), uma vez que mobiliza esses minerais a partir dos ossos, na presença do PTH, bem como aumenta a reabsorção renal de Ca, regulando o metabolismo ósseo (Galvão et al., 2013). O 1,25(OH)₂D₃ tem como principal receptor as células da mucosa intestinal, responsáveis pela absorção de Ca; relaciona-se com a expressão de um RNA mensageiro específico, e a subsequente síntese de proteína transportadora de Ca, a calbindina (Figueiredo Jr. et al., 2018; Vieites et al., 2018).

Nos últimos anos, o uso do 1,25(OH)₂D₃ nas rações para frangos de corte vem sendo estudado (Souza et al., 2013; Vieites et al., 2017, 2018; Castro et al., 2018; Alves et al., 2018; Alves et al., 2019). De modo geral, os resultados verificados pelos pesquisadores indicaram que a utilização do metabólito não comprometeu as variáveis produtivas e ósseas das aves. Ou ainda, melhorou o desempenho – ganho de peso e conversão alimentar dos frangos. Contudo,

faz-se de valia estudar diferentes condições experimentais e nutricionais, para que seja possível consolidar a recomendação prática do uso do $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ em dietas comerciais.

Diante deste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho e o rendimento de carcaça e de cortes nobres de frangos de corte fêmeas alimentados com rações suplementadas com 1,25-dihidroxicolecalciferol ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$) e níveis reduzidos de cálcio (Ca) e fósforo disponível (P_{disp}).

2. Material e Métodos

O presente trabalho apresentou-se como pesquisa em campo, realizado em Galpão Experimental, com tratamentos de natureza qualitativa e quantitativa (Pereira et al., 2018).

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso (IFMT) – *Campus* São Vicente, município de Santo Antônio de Leverger-MT, Brasil, com duração de 42 dias. O projeto de pesquisa foi aprovado e registrado no Comitê de Ética para Uso de Animais do IFMT, sob n.º. 23197.001804/2013-02.

O delineamento adotado foi em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos: 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 μg de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3/\text{kg}$ de ração, respectivamente, com seis repetições (boxes), com 17 aves em cada ($n = 612$). A distribuição em blocos ocorreu para que houvesse maior uniformidade nas parcelas do galpão experimental quanto ao posicionamento dos boxes.

As aves foram vacinadas no incubatório contra a Doença de Marek e no período de um a sete dias de idade alimentadas com ração formulada para atender as exigências desta fase de criação. Aos oito dias de idade, foram pesadas e distribuídas uniformemente nos boxes (peso médio = 0,179 g/ave). As aves foram alojadas em galpão de alvenaria, subdividido em 36 boxes de 1,0 x 1,86 m (1,86 m²), com mureta lateral, telados, pé direito de 3,0 metros, cobertos com telhas de barro. A estrutura possuía cortinas laterais em toda a sua extensão e dois ventiladores suspensos e posicionados em mesma direção. Foi utilizado como material de cama, a casca de arroz, com altura média de 10 cm. As aves foram submetidas a regime de 24 horas de luz (natural + artificial) e as médias das temperaturas máxima e mínima registradas durante todo o período experimental foram de 28 e 20°C, respectivamente. A umidade relativa média registrada durante o experimento foi de 87%.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das rações experimentais, base na matéria natural.

Ingrediente (%)	1-7dias	8-21dias	22-35dias	36-42 dias
Milho grão	55,67	59,24	61,96	65,10
Farelo de Soja 45,0%	37,80	34,80	31,28	27,75
Fosfato bicálcico	1,90	2,41	3,41	1,09
Óleo de soja	1,80	1,32	1,22	3,96
Calcário	0,86	0,68	0,65	0,62
L-lisina, 50,7%	0,55	0,35	0,34	0,40
Sal comum	0,46	0,44	0,42	0,40
DL-metionina, 99,0%	0,37	0,27	0,24	0,24
L-treonina, 98,5%	0,17	0,07	0,06	0,08
Mistura mineral ^{1,2}	0,10 ¹	0,10 ¹	0,10 ²	0,10 ²
Mistura vitamínica ^{1,2}	0,10 ¹	0,10 ¹	0,10 ²	0,10 ²
Cloreto de colina, 60%	0,10	0,10	0,10	0,10
Anticoccidiano ³	0,05	0,05	0,05	-
Antibiótico ⁴	0,01	0,01	0,01	-
Antioxidante ⁵	0,01	0,01	0,01	0,01
Areia	0,05	0,05	0,05	0,05
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
Ácido linoléico (%)	2,30	2,68	3,25	1,79
Arginina digestível (%)	1,39	1,31	1,20	1,10
Cálcio (%)	0,94	0,71	0,66	0,62
Cloro (%)	0,30	0,29	0,28	0,27
Energia metabolizável (Mcal/kg)	2,96	3,05	3,15	3,20
Fenilalanina digestível (%)	0,99	0,94	0,88	0,82
Fenilalanina + tirosina digestível (%)	1,66	1,57	1,47	1,37
Fósforo disponível (%)	0,47	0,36	0,33	0,31
Glicina + serina total (%)	2,01	1,90	1,78	1,66
Histidina (%)	0,54	0,52	0,48	0,46
Isoleucina digestível (%)	0,87	0,82	0,76	0,70
Leucina digestível (%)	1,75	1,69	1,60	1,52
Lisina digestível (%)	1,36	1,18	1,09	1,04
Metionina + cistina digestível (%)	0,96	0,84	0,79	0,75
Potássio (%)	0,86	0,82	0,76	0,70
Proteína bruta (%)	22,50	21,14	19,73	18,44
Sódio (%)	0,22	0,21	0,20	0,19
Treonina digestível (%)	0,90	0,77	0,71	0,68
Triptofano digestível (%)	0,26	0,24	0,22	0,20

¹Poliave Corte Inicial CQT® (1 a 21 dias de idade), níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A - 5.546.000.00UI; vitamina D₃ - 1.339.000.00UI; vitamina E - 12.430.00UI; vitamina K₃ - 944.00UI; vitamina B₁ - 1.005,00mg; vitamina B₂ - 2.250,00mg; vitamina B₆ - 1.245,00mg; vitamina B₁₂ - 6.000,00mcg; niacina - 15,00g; ácido pantotênico - 5.890.00mg; ácido fólico - 495mg; biotina - 50mg; Ferro - 24,80g; manganês - 33,30g; zinco - 25,68g; cobre - 4.280.00mg; selênio - 150mg; iodo - 500mg; ²Poliave Corte Engorda® (22 dias de idade a uma semana antes do abate), níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A - 4.230.000.00UI; vitamina D₃ - 1.021.000.00UI; vitamina E - 9.930.00UI; vitamina K₃ - 720.00mg; vitamina B₁ - 804.00mg; vitamina B₂ - 1.800.00mg; vitamina B₆ - 996.00mg; vitamina B₁₂ - 4.800.00mcg; niacina - 12g; ácido pantotênico - 4.700.00mg; ácido fólico - 302 mg; biotina - 30mg; ferro - 24,80g; manganês - 33,30g; zinco - 25,68g; cobre - 4.280.00mg; selênio - 150mg; iodo - 500mg; ³Salinomicina; ⁴Virginiamicina; ⁵Butil hidroxi tolueno (BHT) - 1.000.00mg.

Fonte: Os autores.

As rações foram formuladas seguindo-se as recomendações de Rostagno et al. (2005), a exceção de cálcio e fósforo disponível (redução de 20%), para as fases de 8 a 21, 22 a 35, 36 a 42 dias de idade, conforme descrito na Tabela 1. A fonte da vitamina D₃ ativa, suplementar, foi de origem herbal (*Solanum glaucophyllum*), contendo 10 ppm de 1,25(OH)₂D₃, adicionada nas rações em substituição ao inerte. A água e a ração foram fornecidas *ad libitum*.

As variáveis produtivas avaliadas foram o consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) das aves no período de oito a 42 dias de idade. O CR foi obtido pela diferença entre a quantidade de ração fornecida e a consumida, descontando-se as sobras (baldes e comedouros). O GP foi determinado pela diferença entre o peso inicial (oito dias de idade) e o final (42 dias de idade). A conversão alimentar foi calculada pela razão entre CR e o GP. A mortalidade foi registrada e usada para ajustar o CR e a CA das aves.

Após avaliação do desempenho zootécnico, quatro aves de cada repetição foram pesadas e encaminhadas ao frigorífico do IFMT, onde foram abatidas de acordo com os princípios éticos de experimentação animal (Conselho Nacional de Controle Nacional de Experimentação Animal – CONCEA, 2013). Após a insensibilização, ocorreu o deslocamento cervical das aves, sendo em seguida, depenadas, evisceradas, e resfriadas por um período de 12 horas. Posteriormente, retirou-se os pés e as cabeças das carcaças, para pesagem das mesmas e realização dos cortes nobres: peito e coxa+sobrecoxa.

Foram avaliados o peso absoluto (kg) e o rendimento (%) das carcaças evisceradas e dos cortes nobres. 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.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, considerando o nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando o *software System Analysis Statistical*. O modelo estatístico adotado é descrito como $y_{ij} = \mu + b_j + n_i + \varepsilon_{ij}$, em que y_{ij} é o valor da variável resposta observada na unidade experimental do j-ésimo bloco que recebeu o i-ésimo nível de 1,25(OH)₂D₃; μ é a média geral; b_j é o efeito do bloco j; 1; 2; 3; 4; 5; 6; n_i é o efeito da suplementação com 1,25(OH)₂D₃ i; i = 0,0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 μg de 1,25(OH)₂D₃; ε_{ij} é o erro aleatório associado a cada observação $\sim N(0; \sigma^2)$.

3. Resultados e Discussão

O ganho de peso (GP) e o peso corporal (PC) final das aves não foram alterados em função do acréscimo do metabólito da vitamina D₃ associado aos níveis reduzidos (-20%) de cálcio (Ca) e fósforo disponível (P_{disp}) nas rações (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte fêmeas de 8 a 42 dias de idade.

Variável	µg de 1,25(OH) ₂ D ₃ /kg de ração						Média	P valor	CV (%)
	0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00			
Peso inicial/ave (kg)	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	-	0,224
Consumo de ração (kg)	4,394	4,384	4,358	4,350	4,347	4,327	4,356	0,0093	1,082
Peso corporal final/ave (kg)	2,643	2,658	2,649	2,644	2,670	2,647	2,652	0,8835	1,072
Ganho de peso (kg)	2,464	2,479	2,469	2,465	2,491	2,468	2,473	0,8802	1,150
Conversão alimentar	1,783	1,768	1,765	1,765	1,746	1,753	1,763	0,0203	1,454

CV= Coeficiente de variação.

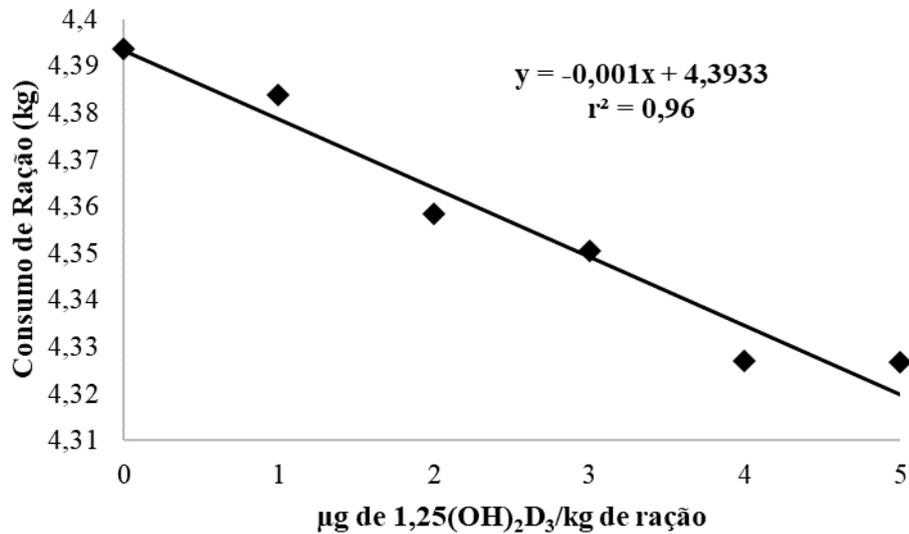
Fonte: Dados da Pesquisa.

Similarmente, Vieites et al. (2018) também não verificaram efeitos no GP e PC de frangos de corte fêmeas alimentados com uso suplementar de 1,25(OH)₂D₃ (até 2 µg/kg de ração) e níveis reduzidos (-15%) de Ca e P_{disp}.

Apesar da suplementação vitamínica não ter influenciado as variáveis GP e PC das aves aos 42 dias de idade, os resultados podem ser considerados positivos, tendo em vista, que a produtividade foi mantida, mesmo na condição Ca e P_{disp} dietéticos em quantidades subótimas. Desse modo, dois pontos podem ser considerados: a) diminuir os custos com alimentação e aumentar a viabilidade do empreendimento avícola; e b) reduzir os impactos ambientais, que seriam provenientes do excesso de uso e excreção desses minerais.

O consumo de ração – CR (Figura 1) dos frangos de corte decresceu linearmente ($p < 0,05$), à medida que se aumentou a quantidade dietética do metabólito da vitamina D.

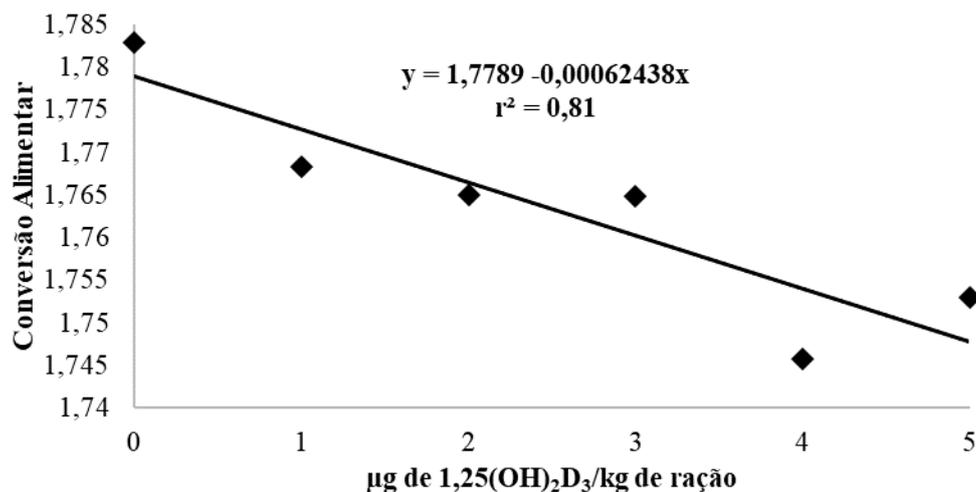
Figura 1. Consumo médio de ração de frangos de corte fêmeas de 8 a 42 dias de idade.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Verificou-se que a conversão alimentar – CA (Figura 2) das aves reduziu linearmente ($p < 0,05$) com o uso suplementar de 1,25(OH)₂D₃.

Figura 2. Conversão alimentar de frangos de corte fêmeas de oito a 42 dias de idade.



Fonte: Dados da Pesquisa.

Desse modo, a inclusão da vitamina D₃ ativa proporcionou melhoria no desempenho destas aves, até o nível máximo estudado (5,0 µg de 1,25(OH)₂D₃/kg de ração).

Alves et al. (2018) e Alves et al. (2019) constataram menor CR e GP, e consequente pior CA, em frangos de corte aos 42 dias de idade, quando o $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ foi fornecido como fonte exclusiva da vitamina D. Segundo os autores, o metabólito, como fonte única da vitamina D não se constituiu em vantagem zootécnica. Tal justificativa, corroborou com os achados do presente estudo e contribuiu para a validação da estratégia nutricional pesquisada, ou seja, produtividade não afetada com níveis de vitamina D_3 mantidos e adição de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$.

Cabe salientar, que fisiologicamente, nas situações semelhantes em que o Ca e o P foram fornecidos em níveis dietéticos baixos, houve aumento na expressão do mRNA de calbindinas no duodeno das aves (Figueiredo Jr. et al., 2018), bem como na eficiência de absorção e de aproveitamento do Ca (Costa et al., 2010; Vieites et al., 2018). A adição de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ ou extratos da planta *Solanum glaucophyllum* pode melhorar a eficiência de absorção e utilização do Ca e do P, além de permitir formulações com baixos níveis de P, minimizando a excreção desse elemento pelas aves (Cheng et al., 2004).

Os percentuais de Ca e P_{disp} avaliados foram 0,71/0,36; 0,66/0,33 e 0,62/0,31, para as fases de 8-21; 22-35 e 36-42 dias de idade, respectivamente. Tizziani et al. (2019) concluíram que a utilização dos percentuais de Ca e P_{disp} 0,588/0,401; 0,530/0,354 e 0,464/0,309, para as fases de 8-21; 22-33; 34-42 dias de idade, respectivamente, não afetaram o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte. Os pesquisadores citados estudaram valores de Ca reduzidos (-30%) associados ao suplemento de vitamina D_3 ou $25(\text{OH})\text{D}_3$ e sugeriram que a alta eficiência no uso do Ca, pode ser decorrente da regulação dos transportadores de Ca, quando o fornecimento estiver abaixo da exigência, proporcionando a manutenção do desempenho animal.

Figueiredo et al. (2018) explicaram que a resposta das aves, às concentrações de Ca e P na dieta pode ser de três maneiras: 1) níveis muito baixos podem acarretar sinais de deficiência; 2) quantidades intermediárias, manter a homeostase e proporcionar alguma reserva nos tecidos; e 3) muito acima dos requeridos, ocasionar sinais de toxidade como redução no crescimento.

No período experimental, não foram observados quaisquer sintomas de toxidez e/ou retardo no desenvolvimento das aves, ainda, a mortalidade das aves não foi afetada significativamente pelos tratamentos, resultado também evidenciado por Castro et al. (2018).

As características das carcaças dos frangos de corte fêmeas aos 42 dias de idade estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3. Rendimentos de carcaça e cortes de frangos de corte fêmeas aos 42 dias de idade

Variável	µg de 1,25(OH) ₂ D ₃ /kg de ração						Média	P valor	CV (%)
	0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00			
Carcaça									
Peso absoluto (kg)	1,810	1,803	1,786	1,786	1,773	1,713	1,786	0,4355	-
Peso relativo (%)	69,69	69,91	69,94	69,43	70,84	69,33	69,70	0,3544	2,69
Peito									
Peso absoluto (kg)	0,706	0,701	0,692	0,681	0,691	0,670	0,690	0,4745	-
Peso relativo (%)	39,02	38,90	38,76	38,14	38,80	39,10	38,78	0,6219	2,86
Coxa+Sobrecoxa									
Peso absoluto (kg)	0,523	0,505	0,506	0,516	0,502	0,473	0,507	0,4083	-
Peso relativo (%)	28,94	28,02	28,34	28,90	28,26	27,66	28,39	0,2127	2,90

CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os rendimentos de carcaça e de cortes nobres (peito e coxa+sobrecoxa) das aves não foram influenciados pelo suplemento de 1,25(OH)₂D₃ (Tabela 3). De modo semelhante, todavia, para frangos de corte machos, Souza et al. (2013) não reportaram efeitos da vitamina D₃ ativa sobre os rendimentos de carcaça e de cortes nobres das aves. Vieites et al. (2014) descreveram que as características de carcaça de frangos de corte machos alimentados com 1,25(OH)₂D₃ (até 2,5µg/kg de ração) não foram alteradas.

Vieites et al. (2014) ressaltaram que na avicultura industrial, as condenações de carcaças e as diminuições de rendimentos de cortes nobres ocorrem principalmente pelas fraturas ocorridas durante as operações de apanha, transporte e abate. Nesse contexto, as referidas fraturas podem ser advindas principalmente de desequilíbrios nutricionais, tais como deficiências vitamínicas e minerais, bem como devido ao manejo criatório e operacional inadequado. Os resultados obtidos denotaram que houve atendimento da demanda fisiológica e integridade óssea das aves, uma vez não foram constatadas condenações no lote estudado.

4. Considerações Finais

No uso suplementar até 5 μg $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3/\text{kg}$ de ração associado aos níveis subótimos de Ca e P_{disp} verificou-se decréscimo no consumo de ração, melhoria da conversão alimentar, e resultados satisfatórios de rendimentos de carcaça e de cortes nobres comerciais de frangos de corte fêmeas aos 42 dias de idade.

A adoção da estratégia nutricional avaliada mostrou-se uma alternativa, uma vez que houve melhoria no desempenho zootécnico das aves; e a menor quantidade de Ca e P_{disp} nas dietas constituiu numa possibilidade em reduzir os gastos com a alimentação e os impactos ambientais advindos da excreção desses minerais.

Faz-se necessário investigar novas reduções nas quantidades de Ca e P_{disp} e suas respectivas relações na alimentação de frangos de corte, considerando às exigências presumidas como necessárias para as linhagens das aves. Ainda, aliado a essa possibilidade examinar a utilização dos diferentes metabólitos da vitamina D_3 nas dietas.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES (Brasil) pela concessão da Bolsa pelo Programa Nacional de Pós-Doutorado – PNPd à primeira autora.

Referências

Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA. (2020). *Relatório anual 2019*. São Paulo-SP: ABPA. 167p.

Alves, O. S. A., Calixto, L. F. L., Araujo, A. H. B., Torres-Cordido, K. A. A., Reis, T. L., & Calderano, A. A. (2018). Decreased levels of vitamin D_3 and supplementation with 1,25-dihydroxyvitamin D_3 -glycoside on performance, carcass yield and bone quality in broilers. *Ciência Rural*, 48(8), e20170705.

Alves, O. S., Reis, T. L., Moraes, J. E., Pizzolante, C. C., & Calixto, L. F. L. (2019). Substituição de vit D_3 pelo metabólito de origem vegetal $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ influenciando o

desempenho e qualidade óssea em frangos de corte aos 21 dias. *Boletim da Indústria Animal*, 76, 1-9, 2019.

Bajwa, M. H., Mirza, M. A., Ahmad, G., Mahmood, T., & Rahman, M. A. (2020). Comparative efficacy of vitamin D sources on growth response and bone mineralization in broilers. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 57(1), 255-261.

Castro, F. L. S., Baião, N. C., Ecco, R., Louzada, M. J. Q., Melo, E. F., Saldanha, M. M., Trignelli, M. V., & Lara, L. J. C. (2018). Effects of 1,25-dihydroxycholecalciferol and reduced vitamin D₃ level on broiler performance and bone quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47, e20170186.

Cheng, Y.H., Goff, J. P., Sell, J. L., Dallorso, M. E., Gil, S., Pawlak, S. E., & Horst R. L. (2004) Utilizing *Solanum glaucophyllum* alone or phytase to improve phosphorus utilization in broilers. *Poultry Science*, 83, 406-413.

Cho, T. A., Sadiq, M. B., Srichana, P., & Anal, A. K. (2020). Vitamin D₃ enhanced intestinal phosphate cotransporter genes in young and growing broilers. *Poultry Science*, 99:2041-2047.

Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA (2013). *Diretrizes da prática de eutanásia do Concea*. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. Brasília, 54p. Acesso em: <https://www.fmb.unesp.br/Home/Pesquisa/ComissaodeEticaemExperimentacaoAnimal/diretrizes-da-pratica-de-eutanasia-do-concea.pdf>

Costa, C. H. R., Barreto, S. L.T., Umigi, R. T., Lima, H. J. D. A, Araujo, M. S., & Medina, P. (2010). Balanço de cálcio e fósforo e estudo dos níveis desses minerais em dietas para codornas japonesas (45 a 57 semanas de idade). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(8), 1748-1755.

Figueiredo Júnior, J. P., Costa, F. G. P., Givisiez, P. E. N., Santana, M. H. M., & Santos, E. G. (2018). Transportadores de cálcio e fósforo em aves de postura. *Campo Digit@l: Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias*, 13(1), 70-81.

- Galvão, L. O., Galvão, M. F., Reis, C. M. S., Batista, C. M. A., & Casulari, L. A. (2013). Considerações atuais sobre a vitamina D. *Brasília Médica*, 50(4), 324-332.
- Li, X., Zhang, D., Yang, T. Y., & Bryden, W. L. (2016). Phosphorus bioavailability: a key aspect for conserving this critical animal feed resource with reference to broiler nutrition. *Agriculture*, 6(25), 1-15.
- Li, X., Zhanf, D., & Bryden, W. L. (2017). Calcium and phosphorus metabolism and nutrition of poultry: are current diets formulated in excess? *Animal Production Science*, 57, 2304-2310.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria-RS: UFSM, NTE. Acesso em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_%20Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1
- 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. B. (2005). *Tabelas brasileiras para suínos e aves: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2.ed. Viçosa-MG: Editora UFV. 186p.
- Samanta, G., Mishra, S. K., Behura, N. C., Sahoo, G., Behera, K., Swain, R. K. Sathy, K., Biswal, S., & Sahoo, N. (2019). Studies on utilization of calcium phosphate nanoparticles as source of phosphorus in broilers. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 19, 77-88.
- Souza, C. S., Vieites, F. M., Vasconcellos, C. H. F., Calderano, A. A., Nunes, R. V., Ferreira, C. M., Pereira, T. V. S., & Moraes, G. H. K. (2013). Suplemento de 1,25 dihidroxicolecalciferol e redução de cálcio e fósforo disponível para frangos de corte. *Arquivo Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2), 519-525.
- Souza, C. S., Minafra, C. S., Lima, C. A. R., & Vieites, F. M. (2019). Importância da microbiota intestinal na produção de frangos de corte. *Jornal do Agronegócio*, 83, 19.
- Statistical Analysis System. (1985). *SAS user's guide: statistics*. 5.ed. Cary: SAS Institute, 956p.

Tizziani, T., Donzele, R. F. M. O., Donzele, J. L., Silva, A. D., Muniz, J. C. L., Jacob, R. F., Brumano, G., & Albino, L. F. T. (2019). Reduction of calcium levels in rations supplemented with vitamin D₃ or 25-OH-D₃ for broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, e20180253.

Vieites, F. M., Nalon, R. P., Santos, A. L., Branco, P. A. C., Souza, C. S., Nunes, R. V., Calderano, A. A., & Arruda, N. V. M. (2014). Desempenho, rendimento de carcaça e cortes nobres de frangos de corte alimentados com rações suplementadas com *Solanum glaucophyllum*. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(3), 1617-1626.

Vieites, F. M., Drosghic, L. C. A. B., Souza, C. S., Lima, C. A. R., Moraes, G. H. K., Nunes, R. V., Vasconcellos, C. H. F., & Vargas Júnior, J. G. (2017). 1,25-dihidroxitamina-D₃ sobre as características ósseas de frangos de corte fêmeas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69(5), 1285-1293.

Vieites, F. M., Brusamarelo, E., Corrêa, G. S. S., Souza, C. S., Oliveira, C. F. S., Moraes, G. H. K., & Caramori Júnior, J. G. (2018). 1,25-dihidroxicolecalciferol de origem herbal (*Solanum glaucophyllum*) mantém o desempenho e a qualidade óssea de frangos de corte fêmeas durante restrição de cálcio e fósforo. *Archivos de Zootecnia*, 67(259), 414-419.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Christiane Silva Souza – 30%

Flávio Medeiros Vieites – 20%

Ricardo Vianna Nunes – 10%

Emanuele Brusamarelo – 10%

Túlio Leite Reis – 10%

Cristina Amorim Ribeiro de Lima – 10%

José Geraldo de Vargas Junior – 10%