

EVANDRO FERREIRA CARDOSO

**FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE DOS 8
AOS 21 DIAS DE IDADE MANTIDOS NA TERMONEUTRALIDADE
UTILIZANDO DUAS METODOLOGIAS**

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
2011

EVANDRO FERREIRA CARDOSO

**FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE DOS 8
AOS 21 DIAS DE IDADE MANTIDOS NATERMONEUTRALIDADE
UTILIZANDO DUAS METODOLOGIAS**

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: 18 de julho de 2011.

Prof.^a Rita Flávia M. Oliveira Donzele
(Coorientadora)

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)

Prof. João Luís Kill

Prof. Douglas Haese

Prof. Juarez Lopes Donzele
(Orientador)

A Deus,

À minha mãe *Ana Maria Mattos Molluna* e ao meu corajoso padrasto *Fernando Molluna*, suporte e apoio incondicional na minha trajetória.

Ao meu irmão *Leandro Ferreira Cardoso*, fonte de amizade e cumplicidade que, apesar da distância, permanecem inabaladas.

Aos meus avós *Jeovah Miranda Ferreira* e *Altair Mattos Ferreira*(*in memoriam*), exemplos de vida e participação imprescindível na formação do meu caráter.

“As saudades são muitas, mas se está fazendo o que gosta, nós aguardamos, esperando você aparecer.”

A Altair Mattos Ferreira

Dedico!

*“A filosofia de uma pessoa não é melhor expressa em palavras; ela é expressa
pelas escolhas que a pessoa faz.
A longo prazo, moldamos nossas vidas e moldamos a nós mesmos.
O processo nunca termina até que morramos.
E as escolhas que fizemos são, no final das contas, nossa
própria responsabilidade...”*

Eleanor Roosevelt

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as oportunidades concedidas e pela força para alcançar meus sonhos.

À Universidade Federal de Viçosa, à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento do projeto.

À empresa SERRANA NUTRIÇÃO ANIMAL, pela parceria na realização deste trabalho.

Ao professor João Luís Kill, pela amizade, pela confiança, pelo apoio e pelo direcionamento da minha vida acadêmica.

Ao meu orientador, professor Juarez Lopes Donzele, pela oportunidade concedida, pela orientação, pela amizade, pelos ensinamentos e pela confiança.

À professora Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele, pela amizade e participação ativa em minha formação profissional.

Aos professores Douglas Haese (UVV), Luiz Fernando Teixeira Albino (UFV) e João Luís Kill (UVV), pela amizade, pelos conselhos e pela participação na banca examinadora.

Aos funcionários do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio durante a condução dos experimentos. Em especial aos amigos Adriano, José Lino e Elísio, pela amizade, colaboração e agradável convivência.

Ao Mauro Jarbas, chefe da divisão de produção, pela amizade e ajuda inestimável na realização deste trabalho.

Ao José Antônio e Edgar, pela dedicação na manutenção das câmaras climáticas e pela amizade.

Ao Anderson L. Lima e Eric Balbino, pela amizade e pelo auxílio essencial na execução deste trabalho.

Ao Will P. de Oliveira, pela amizade, pelas longas conversas e pelos conselhos indispensáveis.

Aos demais amigos da Pós-Graduação Thony Carvalho, Ana Paula Gomide, Antônio Hosmylton, Erika Martins de Figueiredo, Jéssica Mansur, Bruno Scottá, João Paulo, Rodrigo Barbosa, Rodrigo Knop, Rosana Maia, Cleverson Ribeiro, Gabriel Sandt, Sandra Salgueiro, Maurício Teixeira, Juliano Molino, Greg, Valdir Ribeiro, Marcus Antunes, Leandro Alebrante, Gabriel Cipriano Rocha, Veredino Louzada da Silva Júnior, Amanda Dione, Alysson Saraiva, Paulo Henrique Campos, Matheus F. Souza e Cinthia Pereira, pela amizade, pelo auxílio nos momentos de necessidade e pelos conhecimentos compartilhados.

Aos bolsistas Rodrigo Freitas Jacob, Aline Nantes Sélose Cândida Pollyanna, pela amizade, pelo apoio e pelo grande auxílio na condução do experimento e na coleta dos dados.

A todos aqueles que não estão nominalmente citados e que fizeram ou fazem parte da minha vida.

Muito obrigado por tudo!

BIOGRAFIA

EVANDRO FERREIRA CARDOSO, filho de Evandro Luiz Cardoso e Ana Maria Mattos Ferreira Molluna, nasceu em Vitória, Espírito Santo, em 4 de janeiro de 1982.

Em março de 2000, iniciou o curso de graduação em Administração, com ênfase em Comércio Exterior, no Instituto de Ensino Superior Prof. Nelson Abel de Almeida, concluindo-o em dezembro de 2003.

Em março de 2005, iniciou o curso de graduação em Zootecnia no Centro Universitário Vila Velha, concluindo-o em dezembro de 2008.

Em agosto de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Zootecnia – área de Nutrição de Monogástricos – da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa da dissertação no dia 18 de julho de 2011.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. O fósforo e suas funções	4
2.1.1. Fontes de fósforo	5
2.1.2. Fatores que afetam a absorção e a exigência nutricional de fósforo	6
2.1.3. O fósforo como agente poluidor	8
2.1.4. Exigência nutricional de fósforo para frangos de corte	9
2.2. Ambiente térmico e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)	11
3. REFERÊNCIAS.....	14
FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE DOS 8 AOS 21 DIAS DE IDADE, EM AMBIENTE TERMONEUTRO, MANTENDO-SE OU NÃO A RELAÇÃO Ca:P DAS RAÇÕES	20
RESUMO	20
ABSTRACT	22
1. Introdução	24
2. Material e métodos.....	25
3. Resultados e discussão	322
4. Conclusão	511

5. Referências	522
6. Apêndice	566

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composições centesimal e calculada das rações experimentais (Cálcio Fixo - CaF).....	26
Tabela 2 – Composições centesimal e calculada das rações experimentais (Mantendo-se a relação Ca:P - CaV).....	27
Tabela 3 – Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), consumo de fósforo disponível (CPd) e taxa de deposição de proteína (TDP) e gordura (TDG) de frangos de corte na fase de 8 a 21 dias de idade, recebendo rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantendo ou não a relação Ca:P, expostos ao ambiente termoneutro (29 - 27°C).....	33
Tabela 4 – Parâmetros ósseos e relação cálcio:fósforo (Ca:P) de frangos de corte aos 21 dias de idade recebendo rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantendo ou não a relação Ca:P, expostas ao ambiente termoneutro (29 - 27°C)	40
Tabela 5 – Fósforo total ingerido (PI), fósforo total excretado (PE), fósforo total retido (PR) e coeficiente de retenção de fósforo (CRP) de frangos de corte de 15 a 20 dias de idade, em função dos diferentes níveis de fósforo disponível, mantendo ou não a relação Ca:P, expostos ao ambiente termoneutro (29 - 27°C)	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre o consumo de ração de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	34
Figura 2 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre o ganho de peso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	35
Figura 3 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaV sobre o ganho de peso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	35
Figura 4 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a conversão alimentar de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.....	37
Figura 5 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a deposição proteica em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.....	38
Figura 6 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a deposição de gordura em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	38
Figura 7 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a porcentagem de cálcio no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	41

Figura 8 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaV sobre a porcentagem de Ca no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	41
Figura 9 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a quantidade de Ca no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	42
Figura 10 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a porcentagem de P no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	42
Figura 11 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaV sobre a porcentagem de P no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	43
Figura 12 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a quantidade de P no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	44
Figura 13 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaV sobre a quantidade de P no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	44
Figura 14 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a porcentagem de cinzas ósseas em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	45
Figura 15 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a quantidade de cinzas ósseas em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	46
Figura 16 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre o coeficiente de retenção de fósforo em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.	49

RESUMO

CARDOSO, Evandro Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2011. **Fósforo disponível em ração para frangos de corte dos 8 aos 21 dias de idade mantidos na termoneutralidade utilizando duas metodologias.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Dois experimentos foram realizados para determinar a exigência nutricional de fósforo disponível (Pd) para frangos de corte machos na fase de 8 a 21 dias de idade. Foram utilizados 896 frangos da linhagem Cobb, mantidos em ambiente termoneutro, com temperatura média de $28,92 \pm 0,86^{\circ}\text{C}$ e ITGU calculado de $78,08 \pm 0,47$ e $27,05 \pm 0,61^{\circ}\text{C}$ e ITGU de $75,74 \pm 0,53$, respectivamente, nas fases de 8 a 15 e 16 a 21 dias de idade. Em ambos os experimentos, as aves foram distribuídas em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4×2 (quatro níveis de Pd x duas metodologias: fixando-se o Ca em 0,899% e suplementando P - CaF e suplementando Ca e P, mantendo a relação de 2:1 - CaV). Os níveis de Pd das rações experimentais foram de 0,25; 0,35; 0,45; e 0,55%. No experimento I, conduzido para avaliar o desempenho e os parâmetros ósseos, foram utilizados 576 frangos, distribuídos em oito repetições com nove aves por repetição. Os níveis de Pd influenciaram o consumo de ração (CR) apenas das aves que receberam a ração com CaF, que aumentou de forma linear, porém o modelo Linear Response Plateau (LRP) foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando-se em 0,356% o nível de Pd a partir do qual ocorreu o platô. Os níveis crescentes de Pd influenciaram o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA), que aumentaram de forma quadrática até os níveis estimados de, respectivamente, 0,446 e 0,438%

com o uso da ração com CaF e de forma linear com a ração com CaV. No entanto, o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados de GP das aves que receberam as rações CaV, estimando em 0,450% o nível de Pd a partir do qual ocorreu o platô. A deposição de proteína (DP) e gordura (DG) na carcaça aumentou de forma quadrática até os níveis estimados de 0,492 e 0,429%, respectivamente, com o uso da ração com CaF e de forma linear utilizando-se a ração com CaV. Quando os frangos foram submetidos a tratamento com ração com CaF, as variáveis de cálcio no osso (CaO), fósforo no osso (PO) e cinzas ósseas (CZO) deles, tanto em % quanto em g, aumentaram de forma quadrática até os níveis estimados de, respectivamente, 0,478 e 0,469% de CaO; 0,495 e 0,481% de PO; e 0,459 e 0,474% de CZO. Entretanto, o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados de CaO (%), CaO (g) e PO (%), estimando-se em, respectivamente, 0,347; 0,357; e 0,437% os níveis de Pd a partir dos quais ocorreu platô. Nos frangos alimentados com a ração com CaV, enquanto CaO (%) e PO (%) aumentaram de forma quadrática até os níveis estimados de, respectivamente, 0,418 e 0,444% de Pd, o CaO (g) e PO (g) aumentaram de forma linear. No entanto, o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados de PO (g) referente às rações com CV, estimando-se em 0,464% o nível de Pd a partir do qual ocorreu o platô. A porcentagem (%) e a quantidade (g) de CZO aumentaram de forma linear com o uso da ração com CaV. No experimento II, conduzido para determinar o balanço de fósforo (P), foram utilizados 320 frangos de corte, distribuídos em oito repetições, com cinco aves por repetição. Os níveis de Pd da ração influenciaram de forma linear crescente o fósforo ingerido (PI) e o fósforo excretado (PE) e de forma decrescente o fósforo retido (PR). O coeficiente de retenção de P foi influenciado pelos níveis de Pd das rações com CaF e aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,351%. Com as rações CaV, esse valor diminuiu de forma linear, em função dos níveis de Pd. Concluiu-se que, nas rações em que o nível de Ca foi mantido fixo e naquela em que o nível de Ca variou proporcionalmente ao nível de P, os níveis de, respectivamente, 0,446 e 0,550% proporcionaram os melhores resultados de desempenho de frangos de corte, mantidos em ambiente termoneutro, dos 8 aos 21 dias de idade.

ABSTRACT

CARDOSO, Evandro Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011. **Available phosphorus for broiler chickens from 8 to 21 days of age maintained at thermoneutrality using two methodologies.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-Advisers: Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele and Luiz Fernando Teixeira Albino .

Two experiments were conducted to determine the nutritional requirement of available phosphorus (aP) for broilers, from 8 to 21 days old. Were used 896 chickens, Cobb, kept in a thermoneutral environment, with an average temperature of 28.92 ± 0.86 ° C and calculated WBGT of 78.08 ± 0.47 and 27.05 ± 0.61 ° C and 75.74 ± 0.53 for WBGT, respectively, for phases 8 to 15 and 16 to 21 days old. In both experiments the birds were distributed in a completely randomized experimental design in 4 x 2 factorial scheme (four levels of aP x two methodologies: settling Ca at 0.899% and supplementing P – CaF and supplementing Ca and P, keeping 2:1 ratio - CaV). The aP levels of the experimental diets were: 0.25, 0.35, 0.45 and 0.55%. In the first experiment, conducted to evaluate the performance and bone parameters, were used 576 chickens, divided into eight repetitions with nine birds per repetition. The aP levels influenced the feed intake (FI) only for birds receiving diets with CaF which increased linearly, however, the linear response plateau model (LRP) was the best fit to the data, estimating at 0.356% the level of aP from which the plateau occurred. Increasing levels of aP influenced weight gain (WG) and feed conversion (FC), which increased in a quadratic form to the estimated levels of, respectively, 0.446 and 0.438% for diets with CaF and in a linearly form for diets with CaV. However, the LRP model was the best fit to the WG data for birds fed

diets with CaV, estimating the level of 0.450% aP from which the plateau occurred. The protein (PD) and fat deposition (FD) in the carcass increased in a quadratic form to the estimated levels of 0.492 and 0.429%, respectively, for diets with CaF and in a linear form for diets with CaV. When subjected to diets with CaF, the variables in bone calcium (BCa), bone phosphorus (BP) and bone ash (BA), in both percentage (%) and quantity (g), increased in a quadratic form to the estimated levels of, respectively, 0.478 and 0.469% for BCa, 0.495 and 0.481% for BP and 0.459% Pd and 0.474 for BA. However, the LRP model was the best fit to the CaO (%), CaO (g) and PO (%) data, estimating at, respectively, 0.347, 0.357 and 0.437% aP levels from which there was a plateau. For diets with CaV, while BCa (%) and BP (%) increased in a quadratic form to the estimated levels of, respectively, 0.418 and 0.444% aP, the CaO (g) and BP (g) increased in a linear form. However, the LRP model was the best fit to the BP (g) to diets with CaV, estimating the level of 0.464% aP from which the plateau occurred. The % and g of BA increased in a linear form for diets with CaV. In the second experiment, conducted to determine the phosphorus (P) balance, were used 320 broilers, divided into eight repetitions with five birds per repetition. The aP levels of diets influenced in a linear form increasing phosphorus intake (PI) and phosphorus excreted (PE) and decreasing phosphorus retention (PR). The P retention coefficient (PRC) was influenced by the levels of aP in diets with CaF which increased in a quadratic form up to the level of 0.351%. In the diets with CaV the PRC decreased in a linear form, depending on the levels of aP. It was concluded that diets in which the level of Ca was kept fixed and on those where the level of Ca varied in proportion to the P levels, the levels of, respectively, 0.446 and 0.550% provided the best performance results for broilers maintained in a thermoneutral environment from 8 to 21 days old.

1.INTRODUÇÃO GERAL

O melhoramento genético das linhagens comerciais, os avanços nos estudos relacionados a nutrição, sanidade, ambiência, manejo e, sobretudo, o esforço empregado no intuito de reduzir os custos de produção levaram o Brasil a ocupar a posição de maior exportador mundial de carne de frango em 2004, com volume de 2,26 milhões de toneladas e participação de 39% das exportações totais.

As linhagens de frangos de corte modernas são caracterizadas pelo acelerado desenvolvimento corporal e pelo alto potencial de deposição de carne. Além disso, a deposição proteica tem alto custo energético, gerando grande quantidade de calor metabólico. Portanto, é necessário considerar, nas atualizações dos padrões nutricionais, a temperatura ambiente.

Nesse contexto, para otimizar a produção de carne de qualidade, é necessário, entre outros fatores, o adequado suprimento de nutrientes, obtido por meio de rações balanceadas e formuladas de acordo com o potencial genético das aves e as condições ambientais de criação (VALERIO et al., 2003).

Dentre os nutrientes empregados na nutrição de frangos de corte, o fósforo é considerado um dos mais importantes, por se tratar do nutriente mineral de maior custo na nutrição animal. Indicado como o terceiro item mais caro em uma ração para monogástricos, esse nutriente fica atrás somente da energia e da proteína (BOLLING et al., 2000). Assim, o fósforo vem sendo largamente estudado, devido não somente à importância econômica, mas também ambiental. Muitos países têm mostrado preocupação crescente em relação ao excesso desse mineral no solo em razão da contaminação deste e de lençóis freáticos (RUNHO et al., 2001). O fósforo, quando

lixiviado, estimula o rápido crescimento de algas e reduz os níveis de oxigênio, comprometendo a vida aquática.

Vários estudos têm sido conduzidos visando determinar as concentrações ideais de fósforo em dietas para frangos de corte,pois esse elemento tem participação vital na manutenção, na produção, no desenvolvimento ósseo e em diversas outras funções do metabolismo dos animais (BRUGALLI et al., 1999).

Em razão de sua importância biológica, econômica e ambiental, é preciso estabelecer a exigência nutricional de fósforo para as aves, no intuito de otimizar o desempenho delas, uma vez que a alimentação de frangos de corte no Brasil, à base de milho e farelo de soja, é deficiente em fósforo disponível (JUNQUEIRA, 2001). Essa deficiência torna necessária a suplementação a partir de outras fontes, como o fosfato bicálcico, o que onera o custo de produção, pois o fósforo inorgânico é, dentre os elementos minerais, o mais caro (NUNES et al., 2001). No entanto, essa inclusão pode levar ao aumento de fósforo na excreção, caso o fornecimento seja superior às exigências nutricionais dos animais (DILGER; ADEOLA, 2006).

Inúmeros trabalhos na literatura apresentam as exigências nutricionais de P para frangos de corte, no entanto é verificada grande discrepância entre eles. Em parte, essas diferenças podem ser atribuídas às linhagens utilizadas, ao ambiente térmico, à idade, ao sexo, entre outros fatores. Aves velhas absorvem o P mais eficientemente do que as jovens, acarretando alteração na exigência desse nutriente de acordo com a idade. Ainda, animais mais jovens têm maior exigência de P devido à maior taxa de crescimento (MAIA, 2009). Dessa forma, é importante que sejam feitos estudos para adequar os níveis de P utilizados nas rações para frangos de corte em diferentes idades.

Além disso, na determinação da exigência nutricional de fósforo disponível para aves, é importante considerar que as variáveis relacionadas ao osso são mais sensíveis que as de desempenho. Portanto, deve-se recomendar um nível de fósforo disponível em dietas suficiente para garantir ótimo desempenho e boa formação e resistência óssea (GOMES et al., 2004).

Segundo Kill et al. (2008), deve-se levar em consideração que as exigências de cálcio e fósforo são interdependentes, visto que eles coexistem em muitas funções biológicas. Níveis excessivos de um desses minerais podem interferir na utilização do outro, pela formação de compostos insolúveis que os tornam indisponíveis para serem utilizados pelas aves. Portanto, para se determinar a exigência nutricional de

fósforo, é necessário conhecer a relação Ca:P da ração que proporcione o ótimo desempenho das aves.

Este estudo foi proposto para avaliar os níveis de fósforo disponível para frangos de corte dos 8 aos 21 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro, utilizando-se rações à base de milho e farelo de soja e mantendo ou não a relação Ca:P.

Esta dissertação foi elaborada na forma de artigo – de acordo com as normas para a feitura de dissertação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) –, adaptado ao padrão da Revista Brasileira de Zootecnia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O fósforo e suas funções

Descoberto e isolado em 1669 por Brand na Alemanha (SHEVE; BRINK JR., 1977), o fósforo é um elemento químico cujas funções biológicas, atualmente, estão mais bem estabelecidas, sendo um dos minerais mais versáteis encontrados na natureza. É o nutriente mineral de maior custo na nutrição de animais, sendo indicado como o terceiro ingrediente mais caro em ração para monogástricos, ficando atrás somente da energia e da proteína (BOLLING et al., 2000). Em função desse alto custo e de sua participação vital na manutenção, na produção, no desenvolvimento ósseo e em diversas outras funções metabólicas (BRUGALLI et al., 1999), o fósforo passou a ser largamente estudado.

O fósforo é um dos principais minerais, se não o principal, necessários ao desenvolvimento das aves, associado principalmente ao metabolismo, particularmente na formação óssea, onde está presente 80 a 85% desse nutriente. Os ossos, além de serem componentes estruturais do corpo, são grandes depósitos utilizados para suprir a necessidade circulante de elementos químicos, sofrendo constante remodelagem e renovação (VARGASJR. et al., 2003). O restante do P no organismo animal está amplamente distribuído nos tecidos moles do corpo, principalmente nas hemácias, no tecido muscular e nervoso, tendo função vital em muitos processos metabólicos (LEMOS, 2006).

Inúmeras funções podem ser atribuídas ao fósforo, dentre elas destacam-se a formação da estrutura óssea, a participação na formação de membranas celulares, composição dos ácidos nucleicos envolvidos no crescimento e na diferenciação celular e participação na manutenção do equilíbrio osmótico e eletrolítico. Além

dessas, o P é essencial na utilização e transferência de energia (na forma de ATP) – necessária para formação dos fosfolipídios, transporte de gorduras, síntese de aminoácidos e proteínas –, e, ainda, participa no controle do apetite e na eficiência alimentar (RUNHO et al., 2001; BERTECHINI, 2006).

Além das funções citadas, o fósforo está envolvido na formação de colágeno e na mineralização óssea, aumentando a resistência tênsil dos ossos e acelerando a cicatrização de fraturas. Ele atua no metabolismo de glicídios e protídeos; é componente de hexafosfatos, lecitina, caseína, pepsina, creatina-fosfato; participa das etapas de fosforilação da glicose; é componente do AMP cíclico; é ativador de coenzimas para o funcionamento de vitamina B, além de ter a função de tamponante no líquido intracelular e nos fluidos tubulares dos rins (PIZZOLANTE, 2000).

2.1.1. Fontes de fósforo

Uma vez estabelecidas às exigências nutricionais das aves em relação ao fósforo, é preciso também conhecer os valores de sua disponibilidade nos alimentos, a fim de se formularem rações balanceadas com maior precisão, visando à otimização de seu desempenho e à minimização dos custos de produção (BRUGALLI et al., 1999).

O fósforo presente nas rações das aves pode ser proveniente dos alimentos de origem vegetal e de fontes de origem animal ou rochosa. No Brasil, as rações para aves são constituídas basicamente de alimentos de origem vegetal, que apresentam a maior parte do fósforo na forma de ácido fítico. Esse fósforo não é aproveitado pelas aves, que não sintetizam a enzima fitase em seu aparelho digestório, tornando-se necessária a adição de quantidade elevada de fonte de fósforo inorgânico para suprir as exigências dos animais. Conseqüentemente, aumenta-se o custo, que representa de 2,0 a 3,5% do custo total da ração, e o teor de fósforo nas excretas das aves (SILVA et al., 2006; MENEGHETTI, 2009).

De acordo com Queiroz et al. (2008), a biodisponibilidade do fósforo nas diferentes fontes inorgânicas pode variar, pois a origem do material e o processamento empregado na sua produção industrial são determinantes na caracterização dos fosfatos utilizados na alimentação animal. Estão disponíveis no mercado, para uso em rações, diversas fontes com teores variados, como os fosfatos

bicálcicos, monocalcicos, de rochadefluorizados, monoamônio e tricálcico, entre outras.

Alimentos de origem animal, como as farinhas de carne e ossos, também são considerados fontes de fósforo e são usados no intuito de reduzir os custos de formulação, embora nem sempre sejam um ingrediente padronizado e confiável para as aves (MENEGETTI, 2009).

Vale ressaltar que fontes alternativas podem levar à utilização de ingredientes nas rações com presença de contaminantes e disponibilidade de fósforo reduzida (QUEIROZ et al., 2008).

Em estudos de biodisponibilidade do fósforo em diversos ingredientes, o fósforo oriundo do fosfatobicálcico é usado como referência, sendo considerado 100% disponível e, por isso, largamente utilizado na alimentação animal em todo o mundo (LIMA,1995).

2.1.2. Fatores que afetam a absorção e a exigência nutricional de fósforo

O fósforo da ração é absorvido no intestino delgado e esta quantidade absorvida é dependente da fonte, da proporção e dos níveis de cálcio e de fósforo, do pH intestinal, da vitamina D, da concentração de fitato e de polissacarídeos não amiláceos solúveis, entre outros (COSTA, 2006; SLOMINSKI, 2011).

Como já mencionado, ingredientes de origem vegetal apresentam cerca de dois terços do seu fósforo complexado na molécula de ácido fítico, não podendo, portanto, serem utilizados pelos animais monogástricos porque estes não sintetizam a enzima fitase, necessária para hidrolisar o referido complexo (COSTA et al., 2004). No entanto, a suplementação com a enzima fitase diminui a necessidade de fornecimento de P inorgânico, pois parte do P proveniente do fitato é disponibilizada. Huff et al. (1998) afirmaram que a suplementação com fosfato bicálcico pode ser reduzida em 27, 29 e 30%, respectivamente, em rações para frangos nas fases inicial, de crescimento e de terminação que contenham fitase, reduzindo o P total em 14, 15, e 16%, sem afetar a produção e a saúde das aves.

Além da disponibilidade de P, deve-se levar em consideração que essa exigência por parte das aves varia em função da idade, sendo, portanto, aumentada em aves jovens, quando a taxa de crescimento fracionário é alta, e diminuída nas

adultas, quando o peso corporal é alcançado (VARGAS JR. et al., 2003). Diversos estudos (WALDROUP et al., 2000; PERSIA;SAYLOR, 2006) têm verificado que o efeito da genética de frangos de corte sobre a exigência de P é atribuído às diferentes taxas de crescimento.

A vitamina D₃ também facilita a absorção de cálcio e de fósforo, essenciais aos ossos. A deficiência dessa vitamina acarreta diminuição na absorção de cálcio e consequente aumento dos níveis do hormônio paratireoideano (PTH), o que promove aumento da reabsorção óssea (CARVALHO et al., 2002). Além disso, níveis mais altos de colecalciferol (D₃) na ração de frangos de corte aumentam o aproveitamento do fósforo fítico e promovem aumento na retenção de Ca e P pela estimulação da hidrólise do fitato (MOHAMMED et al., 1991; QUIAN et al., 1997). Ainda, Mitchell e Edwards (1996) verificaram que a vitamina D₃ promove redução na exigência de Ca devido à sua ação sobre o metabolismo no intestino, osso e rins, além de produzir efeito semelhante sobre os níveis de P. Esses autores constataram também que a combinação da vitamina D₃ com a fitase pode substituir 0,2% do P inorgânico presente na ração de frangos de corte.

O aumento da densidade energética por meio de lipídeos (óleos e gorduras) é outro fator que acarreta diminuição no teor de cinzas ósseas e na retenção de cálcio e de fósforo nos ossos das aves de 14 a 21 dias de idade (DELL'ISOLA et al.,2003). Essa redução se deve à formação de sabões insolúveis durante a digestão, o que torna os ácidos graxos indisponíveis para o metabolismo. Conseqüentemente, o aumento na concentração de cálcio nas dietas agrava a formação desses sabões (ATTEH et al., 1983). Os mesmos autores sugeriram que suplementação igual ou superior a 3% de lipídeos promove diminuição do cálcio nos ossos.

A interrelação Ca e P também é amplamente reconhecida e tem influência importante sobre o conteúdo de minerais no corpo de animais, especialmente nos ossos.

O excesso de Ca interfere na absorção de P por formar complexos insolúveis no lúmen intestinal. Já o excesso de P pode reduzir o desempenho das aves devido à diminuição da digestibilidade da maioria dos aminoácidos essenciais, como metionina, lisina e arginina. A absorção de Ca ocorre independentemente do nível de P da ração, enquanto a de P é totalmente dependente da absorção de Ca.

Al-Masri (1995), ao avaliar a influência da relação Ca:P da ração sobre a absorção e excreção do fósforo endógeno, em frangos de corte em crescimento,

observou redução na disponibilidade do fósforo quando a relação Ca:P era aumentada e que o cálcio limitou a absorção do fósforo e diminuiu o fósforo endógeno da urina. Dessa forma, para determinar o nível ótimo de P exigido pelas aves, deve-se considerar que a relação entre os níveis de Ca e P na ração é mais importante do que os níveis absolutos de cada um destes minerais (MAIA et al., 2008). Esse fato foi comprovado por Rao et al. (2006), que encontraram desempenho e teor de minerais nos ossos similares em frangos alimentados com 6 g de Ca e 3 g de Pd/kg em relação àqueles alimentados com maiores níveis desses minerais (9g de Ca e 4,5 g de Pd/ kg). No entanto, a excreção de Ca e P foi significativamente menor quando os frangos foram alimentados com 6 g de Ca e 3 g de Pd/kg. Esses autores, por fim, concluíram que frangos de corte necessitam de, aproximadamente, 3,75 g de P e 6 g Ca/kg em rações para adequado desempenho e mineralização óssea, correspondendo à relação de 1,6:1, contrapondo à relação de 2:1 preconizada por Rostagno et al. (2005).

2.1.3. O fósforo como agente poluidor

O fósforo vem sendo objeto de muitas pesquisas mundiais, devido à sua importância não somente econômica, mas também ambiental.

Em alguns países a excreção de fósforo tem causado preocupações devido ao excesso desse mineral no ambiente, podendo acarretar problemas como a contaminação do solo e de lençóis freáticos (RUNHO et al., 2001). O fósforo lixiviado do solo estimula o rápido crescimento de algas e reduz os níveis de oxigênio, comprometendo a vida aquática (SILVA et al., 2008).

A fim de reduzir a excreção de P pelas aves, mantendo a produtividade, deve-se considerar a contribuição das diferentes fontes de P dietético e basear a abordagem da questão na minimização do P excretado, sempre que possível (WALDROUP et al., 1999).

O P fecal consiste de partes não degradadas de fósforo fítico e não fítico proveniente das fontes vegetais, partes não absorvidas de P proveniente de coprodutos de origem animal e suplementos minerais, além de P biodisponível, porém que excede as necessidades dos animais. Assim, a excreção ocorre por dois processos: o primeiro relacionado ao material que não foi absorvido e o segundo à

excreção pela via urinária, onde há controle hormonal. Esse controle da excreção é altamente correlacionado com a quantidade de cálcio e fósforo no plasma, que por sua vez reflete o estado fisiológico do animal em determinado momento. Assim, a excreção é influenciada de forma direta pela absorção e utilização dos elementos químicos pelo animal (LIMA, 2009; WALDROUP et al., 1999).

Segundo diversos autores (ANGEL et al., 2005; NAHM, 2007; YAN et al., 2000; LI et al., 2000; WALDROUP et al., 1999), dentre as estratégias que vêm sendo utilizadas afim de minimizar a excreção de P no meio ambiente, três se destacam: a determinação da exigência de P nas linhagens de frangos modernas, com formulações mais próximas à exigência animal; o uso correto de aditivos alimentares que aumentariam a disponibilidade de P para os animais e a redução genética do conteúdo de ácido fítico nos grãos de cereais e oleaginosas, aumentando assim o conteúdo de Pd das fontes vegetais.

2.1.4. Exigência nutricional de fósforo para frangos de corte

Atualmente, maior ênfase tem sido dada à formulação precisa no intuito de melhorar a eficiência produtiva e reduzir os potenciais impactos negativos ao meio ambiente. Com isso, as margens de segurança devem ser minimizadas e os frangos alimentados mais perto de suas exigências nutricionais (ANGEL; DHANDU, 2003).

Devido aos inúmeros fatores que afetam a disponibilidade do P e à sua grande importância biológica, seu fornecimento como nutriente essencial nas rações tem sido constantemente pesquisado. No entanto, apesar das inúmeras pesquisas, é difícil, e em alguns momentos quase impossível, interpretar os resultados publicados e compará-los. Segundo Angel (2011), essa dificuldade está relacionada ao não fornecimento de certas informações que representam grande impacto sobre os resultados encontrados e que por isso são indispensáveis a qualquer pesquisa cujo foco sejam as exigências nutricionais. Dentre elas destacam-se: raça ou linhagem; idade; peso corporal inicial e final; número de repetições e densidade por unidade experimental; nutrição prévia; idade das matrizes de onde os ovos foram produzidos; consumo de alimento; valores de Ca e P formulados e analisados; níveis de vitamina D, proteína, EM, gordura e todas as vitaminas e minerais; ingredientes alimentares; programa de iluminação e temperatura adotado; intensidade de luz; tamanho do Box

X densidade animal; mortalidade real e se os dados são ajustados pela mortalidade; formulação e técnica de mistura; uso de aditivos alimentares; programa de vacinação adotado; fatores ambientais, entre outros.

Além disso, com a constante evolução genética das aves, os estudos sobre exigências nutricionais devem ser realizados periodicamente (RUNHO et al., 2001; BRUGALLI et al., 1999; GOMES et al., 2004).

É importante considerar também que, embora a exigência para a formação do tecido ósseo seja diferenciada daquela para desempenho, as variáveis relacionadas ao tecido ósseo são mais sensíveis que as de desempenho. Portanto, deve-se recomendar nível de fósforo disponível em dietas suficiente para garantir ótimo desempenho, boa formação e resistência óssea (GOMES et al., 2004).

A exigência nutricional de fósforo disponível para frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade, segundo Rostagno et al. (1983), NRC (1994) e Rostagno et al. (1996 e 2000), é de, respectivamente, 0,167; 0,151; 0,141; e 0,150%/Mcal de energia metabolizável. No entanto, mais recentemente, Rostagno et al. (2005 e 2011) preconizaram 0,159% de Pd para frangos de corte machos de desempenho superior de um a sete dias e 0,147 e 0,132%/Mcal de EM, respectivamente, para frangos de corte machos de desempenho superior de 8 a 21 dias de idade.

Rostagno et al. (1988), trabalhando com fêmeas de corte na fase inicial, de 1 a 21 dias, concluíram que a exigência nutricional de Pd variou de 0,303%, para ganho de peso, a 0,392%, para porcentagem de fósforo no fêmur, sendo o valor médio de 0,349 ou 0,122%/Mcal de EM.

Gomes et al. (1993) determinaram a exigência nutricional de fósforo para frangos de corte de até 21 dias de idade e observaram que os valores de exigência desse nutriente variaram de 0,098%/Mcal de EM, para ganho de peso, a 0,141%/Mcal de EM, para fósforo no osso. Esses autores sugeriram que a exigência média de P fosse de 0,125%/Mcal de EM, a qual está pouco abaixo da recomendada pelo NRC (1994), 0,141%/Mcal de EM.

Runho et al. (2001), em trabalho com frangos de corte, machos e fêmeas, de 1 a 21 dias de idade, concluíram que, para as características de desempenho e variáveis ósseas, a exigência é de 0,148% de Pd/Mcal de EM.

Maia et al. (2009) verificaram que, em frangos de corte machos de 8 a 21 dias de idade, para as características de desempenho e variáveis ósseas, a exigência é de 0,154%/Mcal de EM.

Cardoso Júnior et al. (2010), trabalhando com frangos de corte machos de 8 a 35 dias de idade, com nível de 0,55% de Ca, concluíram que redução do nível fósforo disponível na dieta para 0,090%/Mcal de EM não interfere no desempenho de frangos de corte, embora comprometa a percentagem de cinzas ósseas.

Como mostrado, existem inúmeros entraves na determinação das exigências de Pd em frangos de corte. Assim, a padronização é necessária para que os valores reais de exigência possam ser estimados.

2.2. Ambiente térmico e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU)

O Brasil é um país de clima tropical, onde a maioria das regiões tem médias de temperatura elevadas o ano todo. O estresse pelo calor sofrido pelas aves tem preocupado produtores devido às perdas na produção toda vez que os termômetros ultrapassam os limites da zona de conforto (LAGANÁ, 2005).

O ambiente térmico compreende todos os fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que interagem com o animal e produzem reações no seu comportamento, definindo, assim, o tipo de relação animal-ambiente. O animal porta-se como um sistema termodinâmico, que continuamente troca energia com o ambiente. Nesses processos, os fatores externos do ambiente tendem a produzir variações internas no animal, influenciando na quantidade de energia trocada entre ambos, o que torna necessários ajustes fisiológicos para o balanço do calor (BUENO, 2004).

Dentre os fatores ambientais, os térmicos, representados principalmente pela temperatura e umidade relativa do ar, são os que afetam mais diretamente as aves, pois comprometem a manutenção da homeotermia, função vital alcançada por meio de processos sensíveis e latentes de perda de calor (OLIVEIRA et al., 2006).

Dentre os fatores térmicos, a temperatura ambiente é considerada o fator físico de maior efeito no desempenho de frangos de corte, já que exerce grande influência no consumo de ração e, com isso, afeta diretamente o ganho de peso e a conversão alimentar desses animais. Aves submetidas a temperaturas ambientais fora

da zonade termoneutralidade respondem com comportamentos alimentares e atitudes físicas características. O consumo alimentar é mais crítico no calor, devido aos níveis mais baixos de ingestão, que reduzem o consumo ideal de nutrientes, levando a alterações em suas exigências nutricionais em porcentagem da ração (LANA et al., 2000; VALÉRIO et al., 2003; SIQUEIRA et al., 2007).

A umidade relativa (UR) é raramente incluída como variável experimental, mesmo para fins informativos, e o fato de que aumentos em sua escala possam agravar o estresse pelo calor é negligenciado (LAGANÁ,2005). Considerando que o principal mecanismo de dissipação de calor pelas aves, em temperaturas elevadas, é a evaporação respiratória, é certo que a capacidade da ave de suportar o calor é inversamente proporcional ao teor de umidade relativa do ar (MEDEIROS, 2001). Por isso, a temperatura do ar, isoladamente, tem sido considerada insuficiente para caracterizar o ambiente no qual os animais se encontram, uma vez que ela pode modificar e ser modificada por diversos fatores climáticos. Dessa forma, caracterizar o ambiente em um único valor que represente o impacto total das variáveis que interferem no equilíbrio térmico do animal pode ser válido (SIQUEIRA, 2006).

Dentre os diversos índices bioclimáticos, o Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981), é considerado o mais adequado para avaliar o conforto térmico nas condições em que os animais são expostos à radiação solar (condições tropicais), uma vez que combina os efeitos da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e radiação em um único valor (SILVA, 2002), sendo representado pela equação:

$$ITGU = Tgn + 0,36 Tpo - 330,08$$

em que:

Tgn = temperatura de globo negro (K); e

Tpo = temperatura do ponto de orvalho (K).

Nesse contexto, o cálculo do ITGU é uma ferramenta eficiente para diagnosticar a condição ambiental em que o animal está inserido. De acordo com Valério et al. (2003) e Lana et al. (2005), valores de ITGU variando entre 74 e 83 são

apropriados para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, não comprometendo o desempenho das aves.

3.REFERÊNCIAS

AL-MASRI, M. R. Absorption and excretion of phosphorus in growing broiler chicks, as influenced by calcium and phosphorus ratios in feed. **British Journal of Nutrition**, v.74, p.407-415, 1995.

ANGEL, R.; SAYLOR, W.W.; DHANDU, A.S. et al. Effects of dietary phosphorus phytase and 25-hydroxycholecalciferol on performance of broiler chickens grown in floor pens. **Poultry Science**, v.84, p.1031-1044, 2005.

ATTEH, J.O.; LEESON, S.; JULIAN, R.J. Effects of dietary levels and types of fat on performance and mineral metabolism of broilers chicks. **Poultry Science**, v.62, p.2403-2411, 1983.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**.Lavras, MG: Editora UFPA, 2006.

BOLLING, S.D.; DOUGLAS M.W.; WANG, X. et al. The effects of dietary available phosphorus levels and phythase on performance of young and older laying hens. **Poultry Science**, v.79, n. 2, p.224-230, 2000.

BRUGALLI, I.; SILVA, S.J.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de fósforo disponível e efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1288-1296, 1999.

BUENO, L.G.F. **Avaliação da eficiência energética e do conforto térmico em instalações de frangos de corte**. 2004. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.

CARVALHOA, D.C.L.; ROSIMB, G.C.; GAMAB, L.O.R. et al. Tratamentos não farmacológicos na estimulação da osteogênese. **Revista Saúde Pública**, v.36, n.5, p.647-54, 2002.

COSTA, C.H.R. **Níveis de fósforo e de cálcio em dietas para codorna japonesa em postura**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

COSTA, F.G.P.; JÁCOME, I.M.T.D.; SILVA, J.H.V. et al. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, v.5, n.2, p.73-81, abr./jun. 2004

DELL'ISOLA, A.T.P.; VELOSO, J.A.F.; BAIÃO, N.C. et al. Efeito do óleo de soja em dietas com diferentes níveis de cálcio sobre a absorção e retenção óssea de cálcio e de fósforo em frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, ago. 2003.

DILGER, R.N.; ADEOLA, O. Estimation of True Phosphorus Digestibility and Endogenous Phosphorus Loss in Growing Chicks Fed Conventional and Low-Phytate Soybean Meals. **Poultry Science**, v.85, p.661-668, 2006.

GOMES, P.C.; GOMES, M.F.M; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de fósforo e sua disponibilidade nos fosfatos monoamônio e monocalcico para frangos de corte até 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, p.755-763, 1993.

GOMES, P.C.; RUNHO, R.C.; DÁGOSTINI, P. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 22 a 42 e de 43 a 53 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1734-1746, 2004.

HUFF, W.E.; MOORE JR.; P.A.; WALDROUP, P.W. et al. Effect of dietary phytase and high available phosphorus corn on broiler chicken performance. **Poultry Science**, v.77, p.1899-1904, 1998.

JUNQUEIRA, O.M.; LEMOS, M.G.; ARAÚJO, L.F. et al. Uso de fosfato bicálcico granulado sobre o desempenho e mineralização óssea de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.1, Campinas ene./abr. 2001.

KILL, J.L.; DONZELE, J. L.; CARDOSO, E.F.; HADDADE, I. ; ROSSONI, M. C.; HAESE, D.; PIRES, A.F. ; LIMA, A. L.Exigência de fósforo para frangos de corte de 7 a 28 dias de idade. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 18., 2008, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa, 2008.

LAGANÁ, C. **Otimização da produção de frangos de corte em condições de estresse por calor**. 2005. 180f. Tese (Doutorado em Zootecnia) –Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LANA, G.R.Q.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p1117-1123, 2000.

LEMOS, G.C. **Desempenho de bovinos nelore suplementados com fontes alternativas de fósforo**. 2006. 43 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária, Araçatuba, SP, 2006.

LI, Y.C.; LEDOUX, D.R.; VEUM, T.L. et al. Effects of Low Phytic Acid Corn on Phosphorus Utilization, Performance, and Bone Mineralization in Broiler Chicks. **Poultry Science**, v.79, p.1.444-1450, 2000.

LIMA, I.L. **Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**. 1995. 121 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

LIMA, M.R. **Redução nutricional dietas de poedeiras suplementadas com fitase**. 2009. 55 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, PB, 2009.

MAIA, A.P.A. **Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos dos 8 aos 21 dias de idade submetidos a ambiente de alta temperatura e termoneutralidade**. 2008. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

MAIA, A.P.A.; ANTUNES, M.V.L.; CAMPOS, P.H.R.F. et al. Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos dos 8 aos 21 dias de idade submetidos a ambiente de alta temperatura e termoneutralidade. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 11.; CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 19., 2009, Águas de Lindoia. **Anais...** Águas de Lindoia, SP: ZOOTECH, 2009.

MEDEIROS, C.M. **Ajuste de modelos e determinação de índice térmico ambiental de produtividade para frangos de corte**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

MENEGHETTI, C. **Uso de altos níveis de fitase em rações para frangos de corte**. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

MITCHELL, R.D.; EDWARDS, H.M. Effects of phytate and 1,25-Dihydroxycholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broilers chickens. **Poultry Science**, v.75, p.95-110, 1996.

MOHAMMED, A.; GIBNEY, M.J.; TAYLOR, T.G. The effects of dietary levels of inorganic phosphorus, calcium and cholecalciferol on the digestibility of phytate-P by the chick. **British Journal of Nutrition**. v.66, p.251-259, 1991.

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.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academic Science: 1994. 155p.

NUNES, R.V.; BUTERI, C.B.; NUNES, C.V.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados a alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 1., 2001, Campinas. **Anais...** Campinas, SP: CBNA, 2001. p.235-272.

OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T. et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.797-803, 2006

PERSIA, M.E.; SAYLOR, W.W. Effects of broilers strain, dietary nonphytate phosphorus, and phytase supplementation on chick performance and tibia ash. **Journal Applied Poultry Research**, v.15, p.72-81, 2006.

PIZZOLANTE, C.C. **Estabilidade de fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte**. 2000. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

PLUMSTEAD, P.W.; LEYTEM, A.B.; MAGUIRE, R.O. et al. Interaction of calcium and phytate in broiler diets. Effects on apparent prececal digestibility and retention of phosphorus. **Poultry Science**, v.87, p.449-458, 2008.

QUIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broilers diets. **Poultry Science**, v.76, p.37-46, 1997.

QUEIROZ, L.S.B. **Biodisponibilidade relativa de fósforo de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial**. 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2008.

RAMA RAO, S.V.; RAJU, M.V.L.N.; REDDY, M.R. et al. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.131 p.133-148, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M.A. et al. **Tabela Brasileira para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 6.ed. Viçosa, MG: DZO/UFV, 1983.

ROSTAGNO, H.S.; SAKOMURA, N.K.; GOMES, P.C. et al. Exigência nutricional de fósforo e sua disponibilidade em fosfato de rocha e fosfato parcialmente defluorizado para pintos de corte. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.17, n.3, p.249-257, 1988.

ROSTAGNO, H.S.; BARBARINO JR., P.; BARBOZA, W.A. Exigências nutricionais de aves determinadas no Brasil. In: ROSTAGNO, H.S. (Ed.) SIMPÓSIO

INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, **Anais...** Viçosa, MG, 1996. p.361-388.

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, MG: DZO/UFV, 2000.

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, MG: DZO/UFV, 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. 2. ed. Viçosa, MG: DZO/UFV, 2011.

RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.187-196, 2001.

SHEVER, R.N.; BRINK JR., J. A. **Phosphorus industries**. Chemical process industries. 4. ed. Tokio: McGraw Hill, 1977. cap.16, p.244-265.

SILVA, C.E. **Comparação de painéis evaporativos de argila expandida e celulose para sistema de resfriamento adiabático do ar em galpões avícolas com pressão negativa em modo túnel**. 2002. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

SILVA, Y.L.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.840-848, 2006

SILVA, J.H.V.; ARAUJO, J.A.; GOULART, C.C. et al. Relação cálcio:fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2166-2172, 2008.

SLOMINSKI, B.A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science**, v.90, p.2013-2023, 2011.

VALÉRIO, S.R.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L. et al. Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoacídica, para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.372-382, 2003.

VARGAS JR., J.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 0 a 6 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1919-1926, 2003. (Supl. 2).

WALDROUP, P.W. Nutritional approaches to reducing phosphorus excretion by poultry. **Poultry Science**, v.78, p.683-691, 1999.

WALDROUP, P.W.; KERSEY, J.H.; SALEH, E.A. et al. Nonphytate phosphorus requirements and phosphate excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. **Poultry Science**, v.79, p.1451-1459, 2000.

YAN, F.; KERSEY, J.H.; FRITTS, C.A. et al. Evaluation of normal yellow dent corn and high available phosphorus corn in combination with reduced dietary phosphorus and phytase supplementation for broilers grown to market weights in litter pens. **Poultry Science**, v.79, p.1282-1289, 2000.

FÓSFORO DISPONÍVEL EM RAÇÃO PARA FRANGOS DE CORTE DOS 8 AOS 21 DIAS DE IDADE, EM AMBIENTE TERMONEUTRO, MANTENDO-SE OU NÃO A RELAÇÃO Ca:P DAS RAÇÕES

RESUMO

Dois ensaios foram conduzidos para determinar a exigência de fósforo disponível (Pd) para frangos de corte machos mantidos em ambiente termoneutro. No primeiro ensaio foram avaliados quanto ao desempenho e às variáveis ósseas frangos de corte de 8 a 21 dias de idade e no segundo frangos dos 8 aos 20 dias de idade quanto ao metabolismo de P. Utilizou-se, em ambos os ensaios, o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 (quatro níveis de Pd: 0,25; 0,35; 0,45; e 0,55% e duas metodologias: uma fixando-se o Ca em 0,899% e suplementando P – CaF e outra variando o nível de Ca proporcionalmente ao nível de P, mantendo-se a relação de 2:1 - CaV) com oito repetições em ambos os ensaios. Foram utilizadas nove aves/repetição e cinco aves/repetição nos ensaios 1 e 2, respectivamente. Observou-se como efeito dos níveis de Pd sobre o consumo de ração (CR) dos frangos submetidos aos tratamentos em que o nível de Ca foi mantido fixo (CaF) o aumento de forma linear do CR, no entanto o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando-se em 0,356% o nível de Pd. Já os frangos que receberam a ração em que se manteve a relação Ca:Pd (CaV) não apresentaram variação nos valores de CR entre os níveis de Pd avaliados. Independentemente do tipo de ração utilizada, o consumo de fósforo disponível (CPd) aumentou de forma linear. O ganho de peso (GP) dos frangos aumentou de forma quadrática até o nível estimado 0,446% quando se utilizaram rações com CaF e de forma linear com o uso de rações com CaV. Apesar do aumento de forma linear, o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,450% o nível de Pd. Os níveis de Pd influenciaram a conversão alimentar (CA) das aves, que melhorou de forma quadrática até o nível estimado de 0,438% com a ração com CaF e de forma linear com as rações com CaV. Os níveis de Pd influenciaram a composição da carcaça: a deposição de proteína (DP) e de gordura (DG) aumentaram de forma quadrática até os níveis estimados, respectivamente, de 4,92 e 4,29% com o uso da ração com CaF e de forma linear com a CaV. A porcentagem de cálcio no osso (CaO) aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,478% de Pd com CaF e 0,418% Pd com a ração com CaV. No entanto, nos tratamentos em que se

utilizou a ração com CaF o modelo LRP se ajustou melhor aos dados, estimando-se em 0,347% o nível de Pd. Os níveis de Pd também influenciaram a quantidade de CaO, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,469% com CaF e de forma linear com o uso da ração com CaV. O modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados de CaO (g) dos animais que receberam a ração com CaF, estimando 0,357% de Pd. A porcentagem de PO foi influenciada de forma similar por ambas as rações, apresentando efeito quadrático até os níveis estimados de 0,495 e 0,444% de Pd com as rações com CaF e CaV, respectivamente. No caso da ração com CaF, os dados se ajustaram melhor pelo modelo LRP, que estimou em 0,437% o nível de Pd. Quanto à quantidade de PO, verificou-se que, enquanto a utilização da ração com CaF aumentou o PO (g) de forma quadrática até o nível estimado de 0,481%, a ração com CaV proporcionou crescimento da quantidade de PO (g) de forma linear. Apesar do PO (g) das aves que receberam as rações CaV ter aumentado de forma linear, o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando em 0,464% o nível de Pd. A porcentagem e quantidade de cinzas no osso (CZO) aumentaram de forma quadrática até os níveis respectivos de 0,459 e 0,474% de Pd nas aves alimentadas com rações com CaF e de forma linear nas que receberam ração com CaV. Com o uso de ambos os tipos de ração foi verificado efeito dos níveis de Pd sobre a relação Ca:P depositada no osso, que decresceram de forma linear. Com relação ao balanço de fósforo, nos animais que receberam a ração com CaF, verificou-se efeito dos níveis de Pd sobre fósforo ingerido (PI) e fósforo excretado (PE), que aumentaram, e fósforo retido (PR), que diminuiu de forma linear, bem como sobre o coeficiente de retenção de P (CRP), que aumentou até o nível estimado de 0,351%. Nos animais que receberam a ração com CaV, os níveis de Pd influenciaram o PI, PE, PR e o CRP, que aumentaram de forma linear. Concluiu-se que os níveis estimados de 0,446 e 0,495% de fósforo disponível proporcionaram, respectivamente, melhores características de desempenho e variáveis ósseas em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade quando alimentados com a ração com CaF. O nível estimado de fósforo disponível para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade recebendo rações com CaV que maximizou o desempenho e variáveis ósseas foi de 0,550%.

Palavras-chave: Conforto térmico, mineralização óssea, desempenho, exigência nutricional, relação Ca:P.

AVAILABLE PHOSPHOROUS FOR BROILERS FROM 8 TO 21 DAYS OF AGE, MAINTAINED AT THERMONEUTRALITY, KEEPING OR NOT THE Ca:P RATION OF DIETS

ABSTRACT

Two trials were conducted to determine the requirement of available phosphorus (Pd) for broiler, males, maintained under thermoneutral environment. In the 1st trial were evaluated performance and bone variables using broilers from 8 to 21 days old and on the 2nd trial the P metabolism was evaluated in broilers from 8 to 20 days old. In both trials the birds were distributed in a complete randomized experimental design in a 4 x 2 factorial scheme (four levels of aP: 0.25, 0.35, 0.45 and 0.55% and two methodologies: Settling the Ca at 0.899% and supplementing P - CaF and varying the level of Ca in proportion to the level of P keeping the 2:1 ratio - CaV) with eight replicates for both trials. Were used nine birds / replicate, and five birds / replicate for trials 1 and 2, respectively. The aP levels effect feed intake (FI) of broilers subjected to treatments in which the level of Ca was kept fixed (CaF), which increased in a linear form, however, the LRP model better adjusted to data estimating the level of 0.356% aP. On the other hand, broilers fed diets where the Ca: aP ratio was maintained (CaV) showed no variation in FI values between the levels of aP evaluated. Regardless of the type of diet used, the consumption of available phosphorus (aP) increased in a linear form. It was observed that weight gain (WG) of broilers increased in a quadratic form to the estimated level of 0.446% when using diets with CaF, and in a linear form when using diets with CaV. While it increased in a linear form, the LRP model was the best fit to the data, estimating the level of 0.450% aP. The aP levels influenced the feed conversion (FC) of birds that improved in a quadratic form up to the level of 0.438% for diets with CaF and in a linear form for diets with CaV. The aP levels also influenced the carcass composition of which protein (PD) and fat deposition (DG) increased in a quadratic form to the estimated levels of 4.92 and 4.29%, respectively, for diets with CaF and in a linear form for diets with CaV. The percentage (%) of bone calcium (BCa) increased in a quadratic form up to the level of 0.478% on diets with CaF and 0.418% for diets with CAV. However, in treatments where the diet was used with CaF the LRP model was the better fit to the data estimating the level of 0.347% aP. The aP levels also influenced

the amount (g) of BCa which increased in a quadratic form up to the level of 0.469% on diets with CaF and in a linear form for diets with CaV. However the LRP model was the best fit to the BCa (g) data of animal receiving diets with CaF estimating the level of 0.357% aP. The BP (%) was influenced in a similar manner for both diets, showing a quadratic effect to the estimated levels of 0.495 and 0.444% of aP for diets with CaF and CaV, respectively. In the case of diets with CaF the LRP model was the best fit to the BP (%) data, which estimated the level of 0.437% aP. Regarding the quantity of BP, it was found that PO (g) while the using diets with CaF increased in a quadratic form up to the level of 0.481%, in the diets with CaV the amount of BP (g) increased in a linear form. Although the BP (g) of broilers fed diets with CaV has increased in a linear form, the LRP model was the best fit to the data, estimating the level of 0.464% aP. The percentage and quantity of bone ash (BA) increased in a quadratic form to the level of 0.459 and 0.474% aP on diets with CaF and in a linear form on diets with CaV. In both types of diets was observed effect of the aP levels on Ca: P ratio deposited in the bone, which decreased in a linear form. Regarding the phosphorus balance, animals fed diets with CaF, showed effects of the aP levels over ingested phosphorus (IP) and excreted phosphorus (EP) which increased and retained phosphorus (RP), which decreased in a linear form and the P retention coefficient (PRC), which increased up to the level of 0.351%. In animals fed diets with CaV, the aP levels influenced the IP, EP, RP, and PRC that increased in a linear form. It was concluded that the estimated available phosphorus levels of 0.446 and 0.495% provided, respectively, better performance characteristics and bone variables in broilers from 8 to 21 days old when submitted to diets with CaF. The estimated level of available phosphorus for broiler chicks from 8 to 21 days of age receiving diets with CaV that maximized performance and bone variables was 0.550%.

Keywords: Bone mineralization, Ca:P ratio, nutritional requirement, performance, thermal comfort.

1. Introdução

A avicultura brasileira teve início na década de 1970 e evoluiu consideravelmente nos últimos tempos, conquistando significativa participação no mercado internacional e destacando-se entre as três maiores do mundo.

No intuito de atingir melhores resultados econômicos e produtivos, a avicultura brasileira precisa avançar não só nos aspectos genéticos, nutricionais e sanitários, mas também nos ambientais, uma vez que o Brasil é um país de clima tropical, cuja maioria das regiões tem médias de temperatura elevadas o ano todo. Assim, o conforto térmico no interior de instalações avícolas é fator altamente importante, pois condições climáticas inadequadas afetam consideravelmente a produção de frangos de corte.

A zona de termoneutralidade está relacionada a ambiente térmico ideal, onde as aves encontram condições perfeitas para expressar suas melhores características produtivas (SARMENTO et al., 2005). Dessa forma, para assegurar adequado consumo de nutrientes, estudos para determinação das exigências nutricionais tornam-se fundamentais para a obtenção do ótimo desempenho das aves.

Dentre os nutrientes empregados na nutrição de frangos de corte, o fósforo é considerado um dos mais importantes, por se tratar do nutriente mineral de maior custo na nutrição animal, sendo indicado como o terceiro item mais caro em uma ração para monogástricos, sendo os dois primeiros energia e proteína (BOLLING et al., 2000).

O fósforo vem sendo objeto de muitas pesquisas, devido não somente à sua importância econômica, mas também à sua importância ambiental. Em muitos países cresce a preocupação quanto ao excesso desse mineral no solo devido à contaminação deste e de lençóis freáticos (RUNHO et al., 2001). O fósforo, quando lixiviado, estimula o rápido crescimento de algas e reduz os níveis de oxigênio, comprometendo a vida aquática (SILVA et al., 2008).

Este estudo foi proposto para avaliar níveis de fósforo disponível para frangos de corte dos 8 aos 21 dias de idade, mantidos em ambiente termoneutro, utilizando-se rações à base de milho e de farelo de soja e mantendo ou não nelas a relação Ca:P.

2. Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Bioclimatologia Animal do Departamento de Zootecnia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Experimento 1 – Avaliação do desempenho e damineralização óssea

Foram utilizados 576 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®] com 8 a 21 dias de idade e peso inicial de $134,92 \pm 0,32$ g, vacinados contra as doenças de Marek e boubá aviária e mantidos em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas. As câmaras foram ajustadas para permanecerem com a temperatura do ar constante de 29°C do 8º ao 15º dia de idade e 27°C do 16º ao 21º dia de idade e umidade relativa de 60%, caracterizando ambiente de termoneutralidade, de acordo com o manual de criação da linhagem Cobb[®] (2005).

Durante a fase pré-inicial (um a sete dias de idade), as aves foram criadas em galpão convencional, recebendo ração com 2.960kcal de EM/kg e 24,50% de PB para satisfazer às suas exigências nutricionais, segundo Rostagno et al. (2005), e manejadas conforme o manual de criação da linhagem Cobb (2005).

No oitavo dia de idade, as aves foram pesadas e transferidas para as câmaras climáticas, onde foram alojadas em gaiolas de metal (0,85 x 0,85m) com piso telado e providas de comedouro e bebedouro tipo calha. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 (quatro níveis de fósforo digestível: 0,25; 0,35; 0,45; e 0,55 e duas metodologias), com oito repetições e nove aves por gaiola, considerada a unidade experimental.

A dieta basal, composta de milho e de farelo de soja, foi formulada para atender às exigências nutricionais das aves, segundo as recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto a de fósforo disponível. Os tratamentos consistiram na suplementação da ração com fosfato bicálcico e calcário calcítico em substituição ao inerte. As duas metodologias adotadas foram: nível de Ca mantido fixo (Tabela 1) e nível de Ca variando proporcionalmente ao nível de P e mantendo-se a relação Ca:P de 2:1 (Tabela 2).

Tabela 1 – Composições centesimal e calculada das rações experimentais(Cálcio Fixo - CaF)

Ingrediente (%)	Tratamento			
	0,25	0,35	0,45	0,55
Milho (7,8%)	48,850	48,850	48,850	48,850
Farelo de soja (45%)	41,470	41,470	41,470	41,471
Óleo de soja	5,118	5,118	5,118	5,118
Fosfato bicálcico	0,737	1,277	1,818	2,358
Calcário	1,574	1,229	0,884	0,540
Inerte ¹	1,162	0,967	0,771	0,575
Sal comum	0,504	0,504	0,504	0,504
DL – Metionina (99%)	0,227	0,227	0,227	0,227
L-Lisina HCl (78,5%)	0,038	0,038	0,038	0,038
L-Treonina	0,105	0,105	0,105	0,105
Suplemento mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico ³	0,100	0,100	0,100	0,100
Cocciostático ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina 60%	0,100	0,100	0,100	0,100
Promotor de crescimento ⁵	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante ⁶	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada⁷				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.050	3.050	3.050	3.050
Proteína bruta (%)	23,00	23,00	23,00	23,00
Met + cist digestível (%)	0,844	0,844	0,844	0,844
Lisina digestível (%)	1,189	1,189	1,189	1,189
Treonina digestível (%)	0,783	0,783	0,783	0,783
Triptofano digestível (%)	0,261	0,261	0,261	0,261
Sódio (%)	0,218	0,218	0,218	0,218
Fósforo Total (%)	0,473	0,573	0,673	0,773
Cálcio (%)	0,899	0,899	0,899	0,899
Fósforo disponível (%)	0,250	0,350	0,450	0,550
Relação Ca:P	3,6:1	2,6:1	2,0:1	1,6:1

¹ Caulim.

² Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg; selênio, 300 mg; e antioxidante, 0,50 g.

³ Composição por kg de produto: manganês, 150.000 mg; zinco, 140.000 mg; ferro, 100.000 mg; cobre, 16.000 mg; e iodo 1.500 mg.

⁴ Salinomicina sódica – 60 ppm.

⁵ Surmax – 10 ppm.

⁶ Hidroxibutiltolueno – BHT.

⁷ Segundo Rostagno et al. (2005).

Tabela 2 –Composições centesimal e calculada das rações experimentais(Mantendo-se a relação Ca:P - CaV)

Ingrediente (%)	Tratamento			
	0,25	0,35	0,45	0,55
Milho (7,8%)	48,850	48,850	48,850	48,850
Farelo de soja (45%)	41,470	41,470	41,470	41,471
Óleo de soja	5,118	5,118	5,118	5,118
Fosfato bicálcico	0,737	1,278	1,818	2,358
Calcário	0,535	0,711	0,887	1,063
Inerte ¹	2,201	1,484	0,768	0,052
Sal comum	0,504	0,504	0,504	0,504
DL – Metionina (99%)	0,227	0,227	0,227	0,227
L-Lisina HCl (78,5%)	0,038	0,038	0,038	0,038
L-Treonina	0,105	0,105	0,105	0,105
Suplemento mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento vitamínico ³	0,100	0,100	0,100	0,100
Coccidiostático ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina 60%	0,100	0,100	0,100	0,100
Promotor de crescimento ⁵	0,010	0,010	0,010	0,010
Antioxidante ⁶	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada⁷				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.050	3.050	3.050	3.050
Proteína bruta (%)	23,00	23,00	23,00	23,00
Met + cist digestível (%)	0,844	0,844	0,844	0,844
Lisina digestível (%)	1,189	1,189	1,189	1,189
Treonina digestível (%)	0,783	0,783	0,783	0,783
Triptofano digestível (%)	0,261	0,261	0,261	0,261
Sódio (%)	0,218	0,218	0,218	0,218
Fósforo Total (%)	0,473	0,573	0,673	0,773
Cálcio (%)	0,500	0,700	0,900	1,100
Fósforo disponível (%)	0,250	0,350	0,450	0,550
Relação Ca:P	2,0:1	2,0:1	2,0:1	2,0:1

¹ Caulim.

² Composição por kg de produto: vit. A, 5.600.000 UI; vit. D3, 1.200.000 UI; vit. E, 10.000 UI; vit. B1, 1.550 mg; vit B2, 4.000 mg; vit. B6, 2.080 mg; ácido pantotênico, 10.400 mg; vit K3, 1.200 mg; ácido fólico, 650 mg; niacina, 28.000 mg; vit B12, 8.000 µg; selênio, 300 mg; e antioxidante, 0,50 g.

³ Composição por kg de produto: manganês, 150.000 mg; zinco, 140.000 mg; ferro, 100.000 mg; cobre, 16.000 mg; e iodo 1.500 mg.

⁴ Salinomicina sódica – 60 ppm.

⁵ Surmax – 10 ppm.

⁶ Hidroxibutiltolueno – BHT.

⁷ Segundo Rostagno et al. (2005).

As condições ambientais das salas, representadas pela temperatura e umidade relativa do ar, foram monitoradas duas vezes ao dia (7 e 18h) por meio de termômetros de bulbo seco e bulbo úmido e termômetro de globo negro mantidos no centro da sala. Posteriormente, esses dados foram convertidos no Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), conforme proposto por Buffington et al. (1981). O programa de luz adotado durante todo o período experimental foi o contínuo (24 horas de luz artificial).

O fornecimento das rações experimentais e de água às aves foi à vontade durante todo o período experimental, sendo a água trocada três vezes ao dia (7 h, 12h30 e 18h).

As variáveis observadas na avaliação das aves foram: consumo de ração, ganho de peso, consumo de fósforo disponível, conversão alimentar, deposição proteica, deposição de gordura e teores de cálcio e de fósforo nos ossos.

Ao final do período experimental (21º dia), os frangos foram pesados e quatro aves de cada unidade experimental, com peso mais próximo da média da gaiola ($\pm 10\%$), foram submetidas a jejum alimentar de 12 horas. Posteriormente, as aves foram abatidas por deslocamento da cervical e foi retirada a tíbia direita de duas delas, formando um “pool” de duas amostras por repetição, que foram congeladas para posterior análise laboratorial. As duas aves restantes, após serem sangradas e depenadas, foram evisceradas e as carcaças pesadas para a determinação do rendimento de carcaça. Depois de pesadas, elas foram congeladas para posterior processamento e análise laboratorial.

Após o descongelamento, as tíbias foram descarnadas e pré-secas em estufa a 65°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram pré-desengorduradas em extrator Soxhlet e levadas à estufa a 65°C para secagem, sendo, posteriormente, trituradas em moinho de bola. As análises laboratoriais para a determinação de matéria seca, dos teores de P e de Ca das rações experimentais e dos ossos foram realizadas no Laboratório da Rodes Química Cajati - LTDA, em Cajati – São Paulo.

As carcaças dos frangos, após o descongelamento, foram totalmente moídas, individualmente, em moedor de carne comercial SEMCO HOBART modelo BF12D.E.V. série 1526. Em seguida, pré-secas em estufa a 65°C por 72 horas, posteriormente, pré-desengorduradas em extrator Soxhlet, levadas à estufa a 65°C para secagem e, por fim, trituradas em moinho de bola. As análises de proteína e extrato etéreo das amostras foram realizadas de acordo com a metodologia proposta

por Silva e Queiroz (2002), no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.

Um grupo adicional de 25 aves com oito dias de idade foi abatido para determinação da composição corporal no início do período experimental. As deposições de proteína e gordura na carcaça foram calculadas pela diferença entre os valores de composição da carcaça dos pintos de corte com 21 e com oito dias de idade.

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – SAEG (UFV, 2009). Independentemente de o efeito da interação ser significativo, optou-se pelo desdobramento dos dados. As estimativas das exigências de fósforo disponível para frangos de corte machos dos 8 aos 21 dias foram estabelecidas por meio de modelos de regressão linear, quadrático e, ou, descontínuo “Linear Response Plateau” (LRP), conforme o melhor ajuste obtido para cada variável.

Experimento 2 – Ensaio de metabolismo

Para a determinação do balanço de fósforo (P), foi conduzido um ensaio metabólico utilizando o método de coleta total de excretas.

Foram utilizados 320 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®] com peso inicial de $136,94 \pm 0,61$ g, vacinados contra as doenças de Marek e Bouba aviária e mantidos em câmaras climáticas com temperatura do ar e umidade relativa controladas durante o período experimental. As câmaras climáticas foram ajustadas para permanecerem com temperatura constante de 29°C do 8º ao 15º dia de idade e de 27°C do 16º ao 20º dia de idade e umidade relativa entre 55 e 65%.

O período experimental, dos 8 aos 20 dias de idade das aves, compreendeu um período de sete dias (8º a 15º dia) de adaptação e outro de cinco dias (16º a 20º dia) para coleta total das excretas.

Até os sete dias de idade, as aves foram criadas em galpão convencional e manejadas conforme o manual de criação da linhagem Cobb (2005), recebendo ração com 2.960 kcal de EM/kg e 1,36% de lisina digestível para satisfazer suas exigências nutricionais, segundo Rostagno et al. (2005).

No 8º dia de idade, as aves foram transferidas para as câmaras climáticas, quando teve início o período experimental.

As aves foram alojadas no interior das câmaras, em baterias, providas de comedouros e de bebedouros tipo calha. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 (quatro níveis de Pd e duas metodologias), com oito repetições e cinco aves por unidade experimental.

O procedimento de monitoramento das condições ambientais no interior das salas, o programa de luz adotado, o manejo de água e a composição das rações experimentais utilizadas foram idênticos aos descritos no experimento 1.

As variáveis de balanço de fósforo observadas na avaliação das aves foram: fósforo ingerido, fósforo excretado, fósforo retido e coeficiente de retenção de fósforo.

Após o período de adaptação, os comedouros foram esvaziados, limpos e o fornecimento de ração passou a ser restrito, limitando-se a 95% do menor consumo voluntário determinado no 15º dia do período de adaptação, no intuito de evitar que alteração no consumo viesse a interferir no balanço de fósforo.

As excretas foram coletadas durante cinco dias e duas vezes ao dia (8h e 16h), evitando, assim, o início do processo fermentativo. Durante a coleta, foram retirados resíduos de ração e penas. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em *freezer* (-10°C) até o período final de coleta. Posteriormente, as amostras descongeladas, pesadas e homogeneizadas em alíquotas de 500 g foram pré-secas em estufa a 65°C por 72 horas. Após estabilização das temperaturas das amostras com a do ambiente, elas foram moídas em moinho tipo faca, com peneira de 2 mm, e acondicionadas para subseqüentes análises laboratoriais.

As análises laboratoriais para a determinação de matéria seca (MS) e dos teores de P das rações e excretas foram realizadas no Laboratório da Rodes Química Cajati – LTDA., em Cajati, São Paulo.

No cálculo do coeficiente de retenção de fósforo (CRP) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{CRP} = \frac{\text{P ingerido (g)} - \text{P excretado (g)}}{\text{P ingerido (g)}} \times 100$$

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética – SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 2009). Independentemente do efeito da interação, optou-se pelo desdobramento dos dados.

3. Resultados e discussão

Durante o período experimental, a temperatura do ar manteve-se em $29,08 \pm 0,70^{\circ}\text{C}$ e $27,28 \pm 0,94^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa em $62,35 \pm 4,07\%$ e $61,32 \pm 4,73\%$, correspondentes a ITGU calculado de $78,4 \pm 0,66$ e $76,3 \pm 0,91$, respectivamente, nos períodos de 8 a 15 e 16 a 21 dias de idade. Considerando que, segundo o manual da linhagem Cobb (2005) e Roncibi (2004), a temperatura do ar de 26 a 29°C com umidade relativa de 60% caracteriza um ambiente ótimo para frangos de corte de 8 a 21 dias e que, de acordo com Valério et al. (2003) e Lana et al. (2005), valores de ITGU variando entre 74 e 83 são apropriados para essa categoria animal, pode-se inferir que, neste estudo, as aves foram mantidas em ambiente termoneutro.

Os resultados de desempenho, de consumo de fósforo disponível (Pd) e das deposições de proteína e gordura diárias das aves mantidas em ambiente termoneutro e alimentadas com rações que continham diferentes níveis de fósforo disponível, mantendo ou não a relação cálcio (Ca):fósforo disponível (Pd), estão apresentados na Tabela 3.

Não ocorreu interação ($P > 0,05$) entre os níveis de Pd e metodologia de avaliação (Cálcio fixo – CaF e Cálcio variado – CaV) adotada sobre o consumo de ração (CR) e ganho de peso (GP); no entanto, houve interação ($P < 0,05$) na conversão alimentar, deposição de proteína e de gordura.

Foi observado efeito ($P < 0,05$) dos níveis de Pd sobre o CR dos frangos que receberam a ração com CaF, que aumentou de forma linear segundo a equação: $\hat{Y} = 859,461 + 152,663\text{Pd}$ ($r^2 = 0,62$). Embora o CR das aves que receberam as rações CaF tenha aumentado de forma linear, o modelo Linear Response Plateau – LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando-se em 0,356% (Figura 1) o nível de Pd a partir do qual ocorreu o platô. Esse resultado está coerente com os obtidos por Maia et al. (2009), Runho et al. (2001), Persia e Saylor (2006), Puppo et al. (2008) e Kill et al. (2008), que também constataram influência do nível de Pd sobre o consumo voluntário das rações com Ca fixo independentemente do sexo e da linhagem das aves.

Os frangos que receberam a ração com CaV não apresentaram variação ($P > 0,05$) no CR nos níveis de Pd observados.

Tabela 3– Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), consumo de fósforo disponível (CPd) e taxa de deposição de proteína (TDP) e gordura (TDG) de frangos de corte na fase de 8 a 21 dias de idade, recebendo rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantendo ou não a relação Ca:P, expostos ao ambiente termoneutro (29 - 27°C)

Variável	Nível de fósforo disponível (%)				Média	C.V. (%)
	0,25	0,35	0,45	0,55		
	CaF					
CR¹ (g)	884	930	937	931	920a	4,21
CPd¹ (g)	2,21	3,25	4,22	5,12	3,64a	4,80
GP² (g)	613	673	685	668	659a	6,10
CA²	1,44	1,38	1,37	1,39	-	3,32
TDP²(g)	5,57	6,24	6,07	6,31	-	6,60
TDG² (g)	2,31	3,03	2,75	2,76	-	24,80
	CaV					
CR (g)	897	918	943	921	920a	3,94
CPd¹ (g)	2,24	3,21	4,24	5,07	3,69a	3,78
GP¹ (g)	584	634	670	674	640a	7,20
CA¹	1,55	1,45	1,41	1,37	-	4,87
TDP¹ (g)	5,82	5,80	6,45	6,16	-	7,54
TDG¹ (g)	2,30	2,15	2,98	2,74	-	24,13

¹ Efeito linear (P<0,05).

²Efeito quadrático (P<0,05).

Médias seguidas de letras diferentes para cada variável entre as metodologias empregadas diferem pelo teste F (P<0,05).

Ao trabalhar com frangos de corte, machos e fêmeas, no período de 22 a 35 dias de idade, mantendo a relação Ca:P em 2:1, Bünzen et al. (2008) não detectaram efeito dos níveis de Pd sobre o CR.

Com os resultados obtidos neste estudo, pode-se inferir que o efeito negativo do baixo nível de Pd sobre a ingestão voluntária de ração pelas aves é dependente do nível de Ca utilizado. Essa hipótese está coerente com os resultados do estudo conduzido por Rao et al. (2006), no qual a resposta de CR dos frangos de corte ao nível de Pd da ração variou em função do nível de cálcio.

Diversos autores (CARDOSO JR. et al.,2010; MAIA et al., 2009; KILL et al.,2008) verificaram que o maior CR dos frangos de corte foi obtido com rações em que a relação Ca:Pd foi, respectivamente, de 2:1, 1,96:1 e 2,12:1. Quian et al. (1997) afirmaram que, quanto mais ampla a relação Ca:Pd, menor o consumo de ração pelas aves.

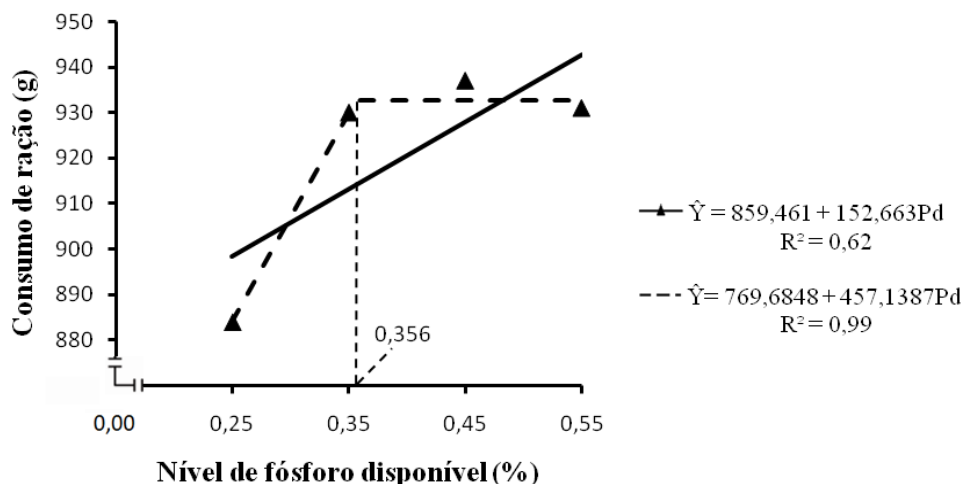


Figura 1 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre o consumo de ração de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

O fato de o nível de Ca ter sido mantido fixo em 0,899% ou ter variado proporcionalmente (2:1) ao de Pd nas rações não influenciou o consumo de ração médio dos frangos.

Independentemente do tipo de ração utilizada, o consumo de fósforo disponível (CPd) aumentou ($P < 0,05$) de forma linear segundo as equações: $\hat{Y} = -0,182841 + 9,70828Pd$ ($r^2 = 0,99$) e $\hat{Y} = -0,108708 + 9,49919Pd$ ($r^2 = 0,99$), respectivamente, com as rações com CaF e CaV. Esse resultado está diretamente relacionado ao padrão de variação no CR observado entre os resultados dos tratamentos e a concentração de Pd da dieta.

Embora não tenha ocorrido interação, o ganho de peso (GP) dos frangos aumentou ($P < 0,05$) de forma quadrática até o nível estimado de 0,446% (Figura 2) quando se utilizaram rações com CaF e de forma linear ($P < 0,05$) quando se utilizaram rações com CaV. Embora o GP dos frangos que receberam a ração com CaF tenha aumentado de forma linear, o modelo “Linear Response Plateau” – LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando-se em 0,450% o nível de Pd a partir do qual ocorreu platô (Figura 3).

Apesar de o padrão de variação do GP das aves nos níveis de Pd ter se alterado de acordo com a utilização das rações com CaF e CaV, os níveis estimados de Pd para melhor resposta de GP foram similares (0,446 x 0,450%). Assim, se considerado que a exigência de Pd das aves pode ser influenciada pelo nível de Ca da

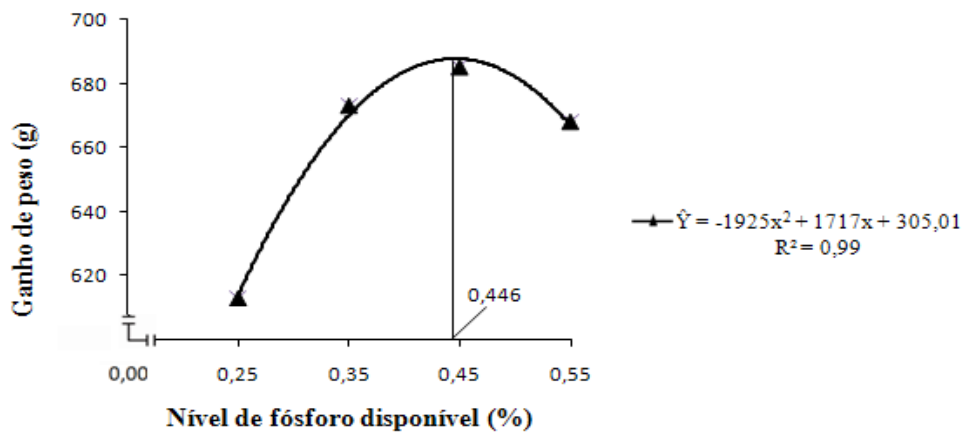


Figura 2 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre o ganho de peso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

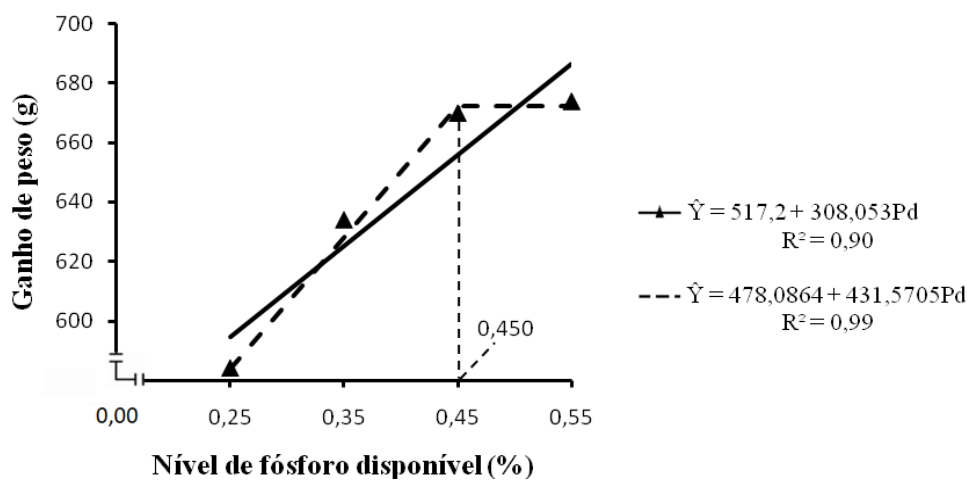


Figura 3 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaV sobre o ganho de peso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

ração, pela sua possível interação com o fósforo fítico (TAMIN et al., 2004) ou com o fósforo não fítico (HURWITZ; BAR, 1971), influenciando negativamente a digestibilidade de ambos, pode-se concluir que o nível de Ca da ração em que se utilizou CaF estava adequado para determinar a exigência de Pd.

Os níveis de Pd que proporcionaram o melhor resultado de GP neste estudo foram similares aos encontrados por Maia et al. (2009) e Brugalli et al. (1999), que corresponderam, respectivamente, a 0,460 e 0,450% para frangos de corte de 8 a 21 dias de idade. Em contrapartida, Rostagno et al. (2011) propuseram o nível de 0,401% de Pd como a exigência de Pd de frangos de corte de 8 a 21 dias para melhor desempenho. O baixo nível de Ca (0,841%) preconizado por esses autores é um dos fatores que justificariam o menor valor de exigência de Pd proposto.

O ganho de peso médio dos frangos não variou ($P > 0,05$) entre os grupos de aves que receberam a ração com CaF e CaV.

Os níveis de Pd influenciaram a conversão alimentar (CA) das aves, que melhorou ($P < 0,05$) de forma quadrática até o nível estimado de 0,438%, quando se utilizou ração com CaF (Figura 4) e de forma linear ($P < 0,05$) com as rações com CaV segundo a equação: $\hat{Y} = 1,6724 - 0,572291Pd$ ($r^2 = 0,95$). De forma semelhante, Maia et al. (2009), Runho et al. (2001) e Brugalli et al. (1999) também verificaram influência positiva dos níveis de Pd sobre a CA de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade. De forma contrária, Kill et al. (2008), Puppo et al. (2008) e Cardoso Jr. et al. (2010) não constataram variação significativa na eficiência de utilização do alimento para GP.

A inconsistência de resultados evidenciada pode ser atribuída, entre outros fatores, à variação no peso inicial dos pintinhos utilizados nos diferentes trabalhos. Conforme relato de Angel (2011), são vários os fatores que podem justificar a diferença dos resultados na determinação das exigências nutricionais de P, destacando-se a taxa de crescimento das aves durante o período experimental.

Foi constatado também neste estudo que, nos dois menores níveis de Pd (0,25 e 0,35%) avaliados, os valores absolutos da CA foram, respectivamente, 7,64 e 5,07% maiores nas aves que receberam as rações com CaF. Isso pode indicar deficiência de Ca quando a ração com CaV foi utilizada.

A variação observada na CA nos diferentes tratamentos (CaF e CaV) pode evidenciar ainda que, além de a taxa de crescimento das aves ter sido alterada entre os resultados dos tratamentos, a composição do ganho também foi modificada.

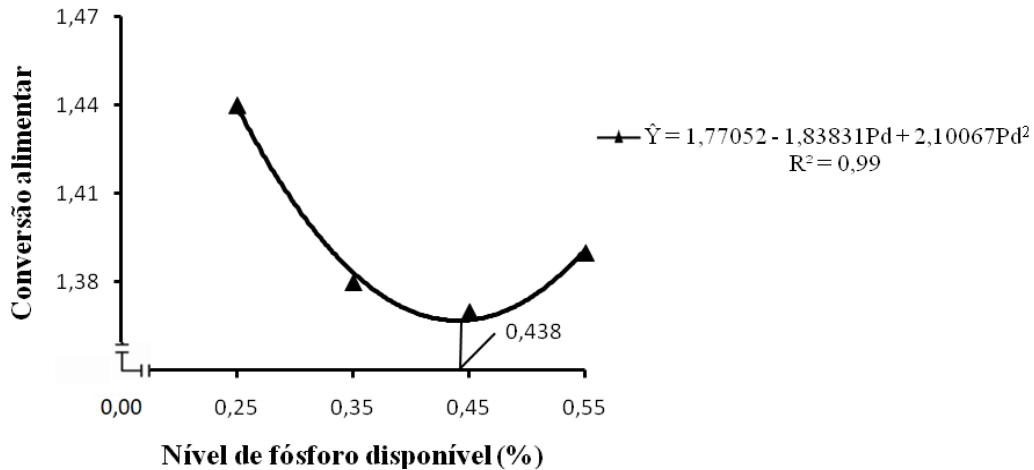


Figura 4 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a conversão alimentar de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

Isso ficou comprovado quando se constatou que os níveis de Pd influenciaram a composição da carcaça. As deposições de proteína (DP) e de gordura (DG) aumentaram ($P < 0,05$) de forma quadrática até os níveis estimados de, respectivamente, 4,92 (Figura 5) e 4,29% (Figura 6), quando se utilizou ração com CaF e de forma linear ($P < 0,05$), segundo as equações: $\hat{Y} = 5,38945 + 1,67063Pd$ e $\hat{Y} = 1,67973 + 2,15337Pd$, nessa ordem, nos animais que receberam a ração com CaV.

Os resultados obtidos de composição de carcaça evidenciaram, nos frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, correlação positiva entre a deposição de proteína e de gordura na carcaça, ao contrário do observado em suínos jovens. Avaliando níveis de Pd em leitões dos 7 aos 23 kg, Frederick e Stahly (1998) observaram aumento da DP e redução da DG na carcaça de animais devido à elevação dos teores de Pd da ração.

O efeito positivo do nível de Pd na DP na carcaça dos frangos pode estar associado a ações metabólicas do P no organismo animal. De acordo com Saraiva et al. (2009), o fósforo influencia o crescimento muscular por estar envolvido no metabolismo da energia, na síntese de ácidos nucléicos e na estrutura das membranas celulares.

Neste estudo, constatou-se ainda que, nas duas rações (CaF e CaV) estudadas, os níveis de Pd que proporcionaram as melhores respostas de deposição de proteína na carcaça ficaram acima dos que proporcionaram melhores resultados de desempenho (GP e CA).

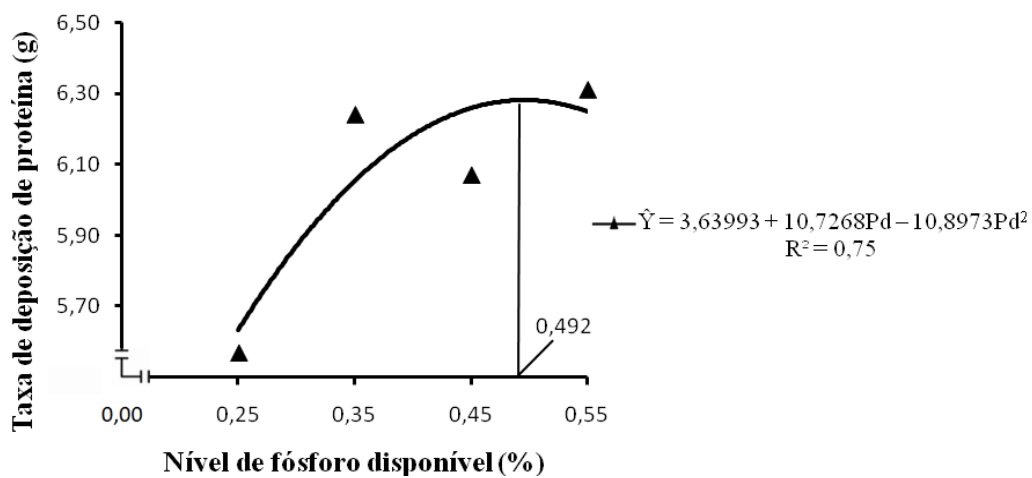


Figura 5 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a deposição proteica em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

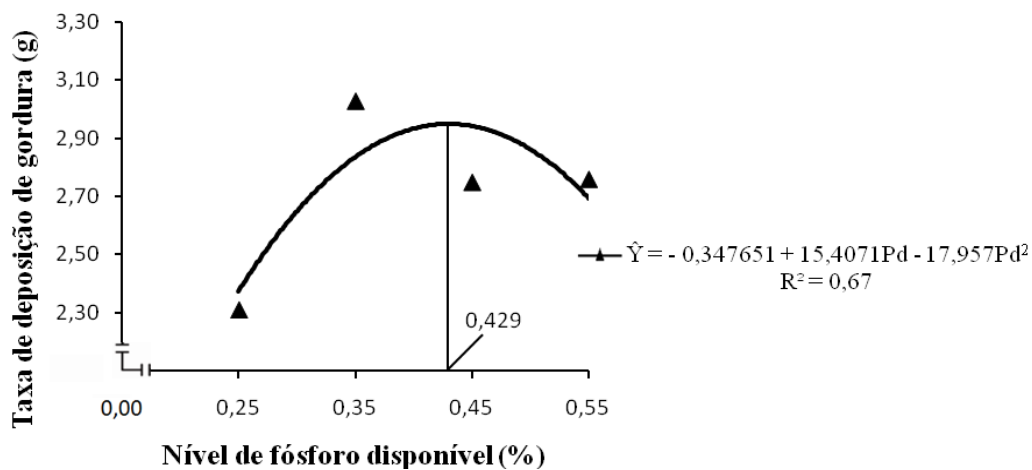


Figura 6 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a deposição de gordura em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

Segundo Schaly et al. (2009), em aves na fase inicial de crescimento, pelo fato de os órgãos e tecidos corporais estarem em formação, a exigência de Pd para deposição protéica no músculo é aumentada quando comparada à das aves em crescimento e terminação.

Os resultados de variáveis ósseas (cálcio no osso, fósforo no osso, cinzas no osso e relação cálcio:fósforo no osso) das aves alimentadas com rações com CaF e CaV estão apresentados na Tabela 4.

Com relação às variáveis ósseas, foi verificada interação ($P < 0,05$) entre os níveis de Pd e o tipo de ração utilizada (CaF ou CaV) nas porcentagens de fósforo e cinzas nos ossos. No entanto, o mesmo não ocorreu ($P > 0,05$) na porcentagem de cálcio nos ossos, nas respectivas quantidades (g) de fósforo, cálcio e cinzas, bem como na relação Ca:P nos ossos.

Verificou-se que a porcentagem de cálcio no osso (CaO) variou de forma similar nas aves alimentadas com diferentes tipos de rações, tendo aumentado ($P < 0,05$) de forma quadrática até o nível estimado de 0,478% de Pd quando se utilizou a ração com CaF (Figura 7) e até o nível de 0,418% de Pd com o uso da ração com CaV (Figura 8). No entanto, nos tratamentos em que se utilizou a ração com CaF, o modelo LRP se ajustou melhor aos dados, estimando-se em 0,347% o nível de Pd a partir do qual ocorreu platô.

O nível de 0,347% de Pd que proporcionou o melhor resultado de CaO (%) foi similar ao de 0,350% obtido por Jiang et al. (2010) e ficou abaixo do nível de 0,462% de Pd encontrado por Maia et al. (2009) quando os frangos de 8 a 21 dias foram mantidos em ambiente termoneutro.

Os níveis de Pd também influenciaram ($P < 0,05$) a quantidade (g) de CaO, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,469% quando se utilizou a ração com CaF (Figura 9) e de forma linear com o uso da ração com CaV, segundo a equação: $\hat{Y} = 0,192564 + 0,320884Pd$ ($r^2 = 0,97$). O modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados de CaO (g) dos animais que receberam a ração com CaF, estimando-se em 0,357% de Pd o nível de início do platô.

Embora a quantidade de CaO média nos ossos ($0,313 \times 0,321$ g) não tenha variado ($P > 0,05$) entre os resultados obtidos com os dois tipos de ração (CaF e CaV), foi verificado que no nível mais elevado de Pd (0,55%) a deposição de Ca ficou comprometida quando se utilizou a ração com CaF. Assim, pode-se deduzir que a

Tabela 4 –Parâmetros ósseos e relação cálcio:fósforo (Ca:P) de frangos de corte aos 21 dias de idade recebendo rações com diferentes níveis de fósforo disponível, mantendo ou não a relação Ca:P, expostas ao ambiente termoneutro (29 - 27°C)

Variável	Nível de fósforo disponível (%)				Média	C.V. (%)
	0,25	0,35	0,45	0,55		
	CaF					
CaO¹ (%)	11,69	14,11	13,76	14,27	13,46a	6,49
CaO¹ (g)	0,250	0,328	0,336	0,337	0,313a	8,62
PO¹ (%)	5,52	6,84	7,37	7,39	-	7,39
PO¹ (g)	0,118	0,160	0,180	0,175	0,158a	11,79
CZO¹ (%)	37,98	45,04	46,57	45,44	-	2,93
CZO¹ (g)	0,725	0,956	1,030	1,009	0,930a	10,85
Ca:P²	2,12	2,06	1,87	1,94	2,00a	4,89
	CaV					
CaO¹ (%)	13,08	14,58	14,16	13,79	13,90a	7,55
CaO² (g)	0,266	0,314	0,339	0,365	0,321a	11,32
PO¹ (%)	6,24	6,94	7,51	6,96	-	7,19
PO² (g)	0,127	0,150	0,179	0,185	0,160a	11,90
CZO² (%)	40,23	43,35	45,68	46,23	-	2,88
CZO² (g)	0,731	0,847	1,008	1,078	0,916a	11,85
Ca:P²	2,10	2,10	1,89	1,98	2,02a	4,45

¹Efeito quadrático (P<0,05).

²Efeito linear (P<0,05).

Médias seguidas de letras diferentes para cada variável entre as metodologias empregadas diferem pelo teste F (P<0,05).

deposição de Ca no osso em níveis de Pd acima da exigência para melhor crescimento (0,450%) é dependente de adequada relação Ca:P, que este estudo mostrou ser de 2:1.

Apesar de ter ocorrido interação (P<0,05), a porcentagem de PO foi influenciada de forma similar pelos níveis de Pd nos dois tipos de ração avaliados, tendo apresentado variação (P<0,05) quadrática dos dados com aumento até os níveis estimados de 0,495 e 0,444% de Pd, quando se utilizaram, respectivamente, as rações com CaF (Figura 10) e CaV (Figura 11). No caso da ração com CaF, os dados se ajustaram melhor ao modelo LRP, que estimou em 0,437% o nível de Pd a partir do qual ocorreu platô. Os níveis de Pd que proporcionaram os melhores valores de porcentagem de PO, de 0,437 e 0,444%, ficaram abaixo do valor de 0,450% encontrado por Runho et al. (2001) e do nível de 0,475% determinado por Maia et al. (2009) para frangos de corte de 8 a 21 dias mantidos em ambiente termoneutro.

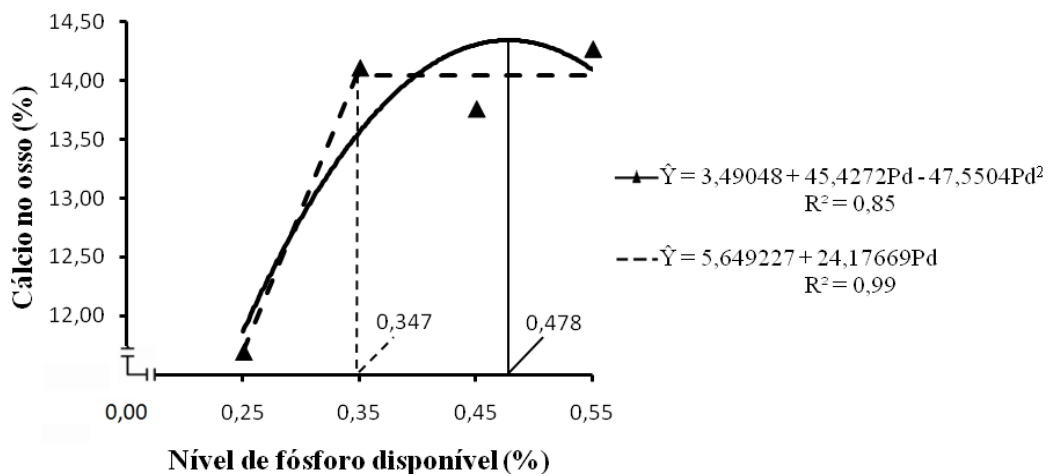


Figura 7 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a porcentagem de cálcio no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

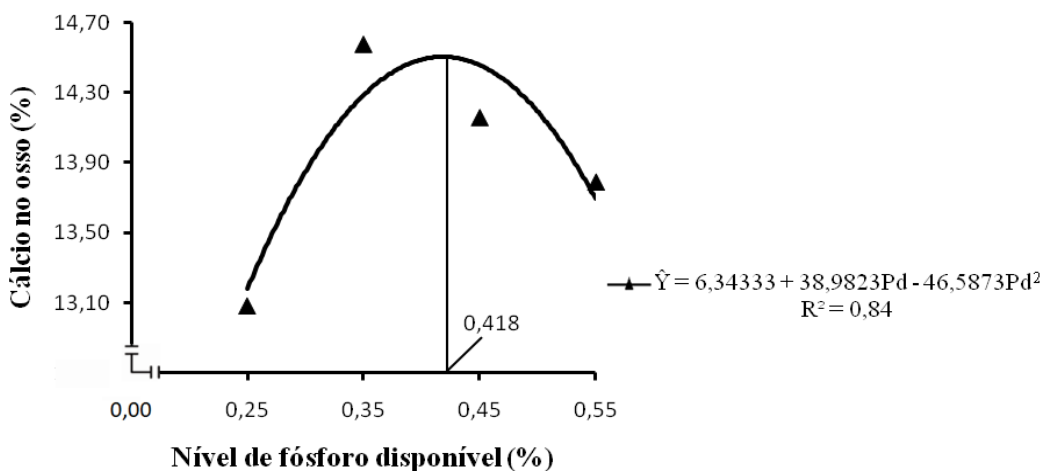


Figura 8 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaV sobre a porcentagem de Ca no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

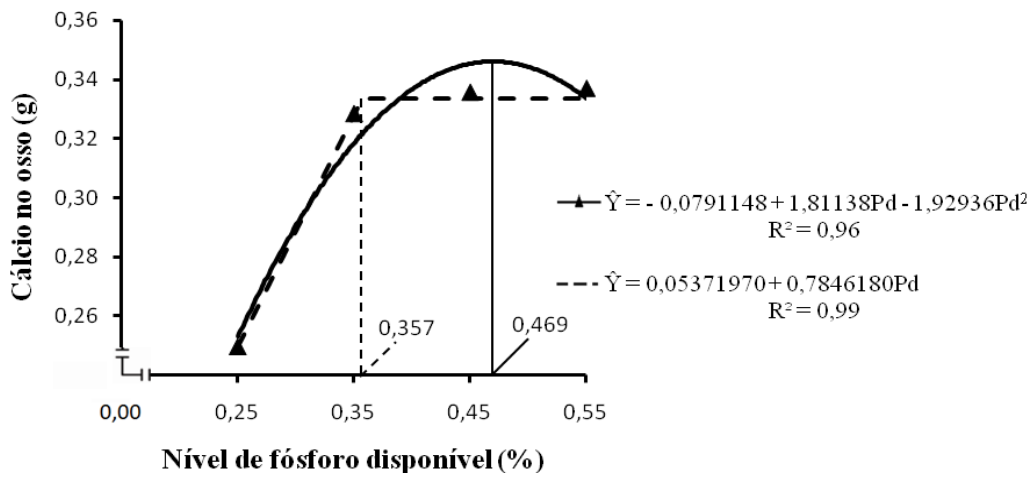


Figura 9 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a quantidade de Ca no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

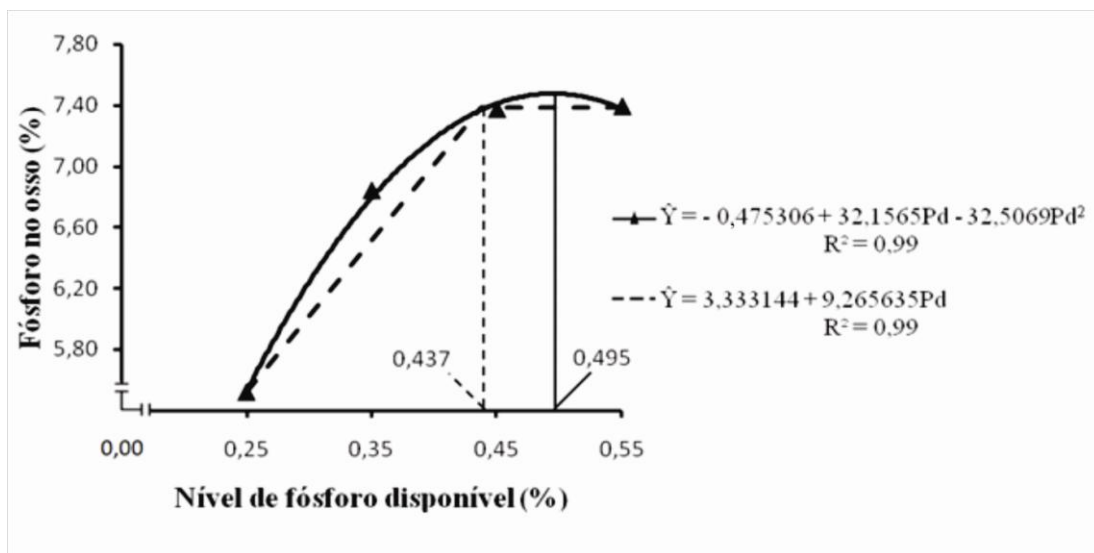


Figura 10 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a porcentagem de P no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

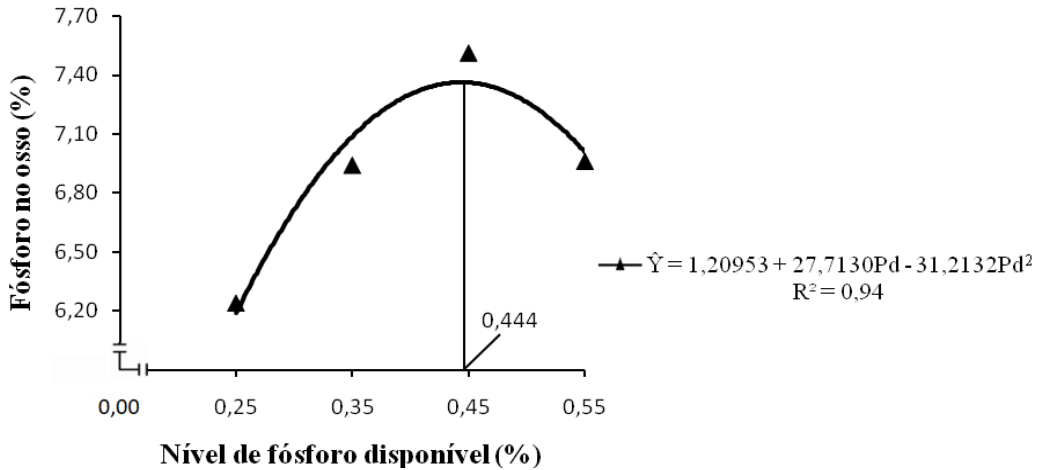


Figura 11 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaV sobre a porcentagem de P no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

Os dados obtidos de porcentagem e quantidade (g) de Ca e P nos ossos no menor nível de Pd (0,25%) evidenciaram que as aves que receberam a ração com CaV priorizaram a deposição de ambos os minerais nos ossos em detrimento do crescimento.

Quanto à quantidade (g) de PO, verificou-se que, enquanto a utilização da ração com CaF aumentou ($P < 0,05$) o PO (g) de forma quadrática até o nível estimado de 0,481% (Figura 12), a ração com CaV promoveu o incremento da quantidade de PO (g) ($P < 0,05$) de forma linear à medida que se elevou a concentração de Pd na ração. Apesar desse aumento linear, o modelo LRP foi o que melhor se ajustou aos dados, estimando-se em 0,464% nível de Pd a partir do qual ocorreu platô (Figura 13). Esses resultados confirmam o relato anterior de que, em caso de nível de Pd acima do necessário para melhor resposta de crescimento, a deposição de P e Ca nos ossos é dependente de uma adequada proporcionalidade entre eles. De acordo com essa hipótese, Maia (2008), utilizando níveis de Ca fixo na ração, verificou piora na quantidade de P no osso em níveis de Pd acima do que proporcionou o melhor resultado de crescimento de frangos de corte de 8 a 21 em condição de termoneutralidade.

Foi verificada interação ($P < 0,05$) na porcentagem de cinzas no osso (CZO), que aumentou ($P < 0,05$) de forma quadrática até o nível estimado de 0,459% de Pd

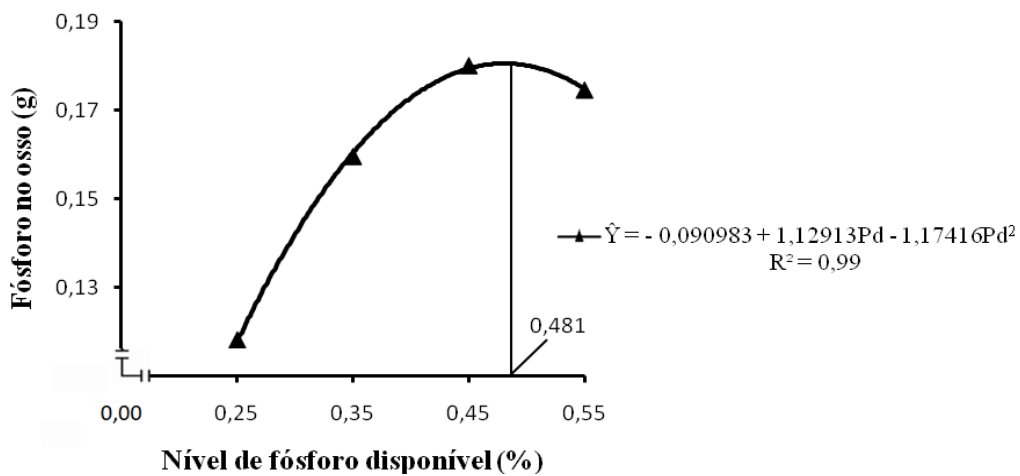


Figura 12 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a quantidade de P no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

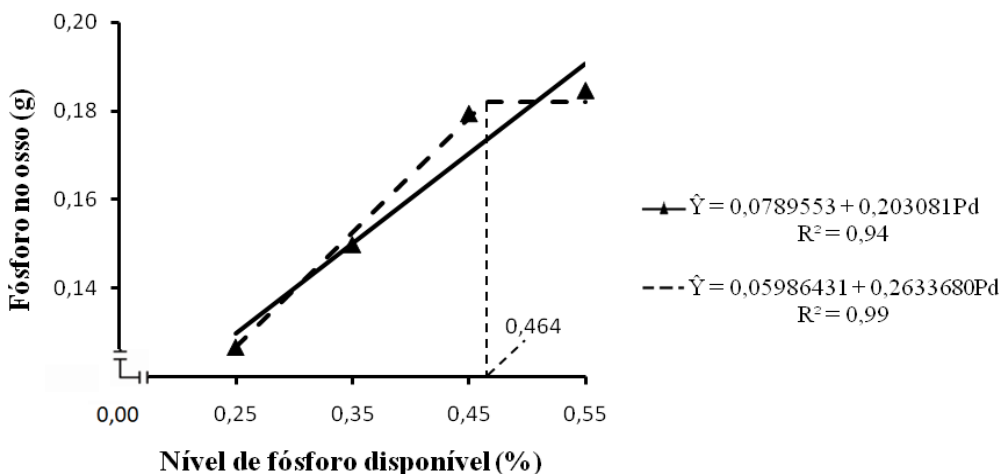


Figura 13 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaV sobre a quantidade de P no osso de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

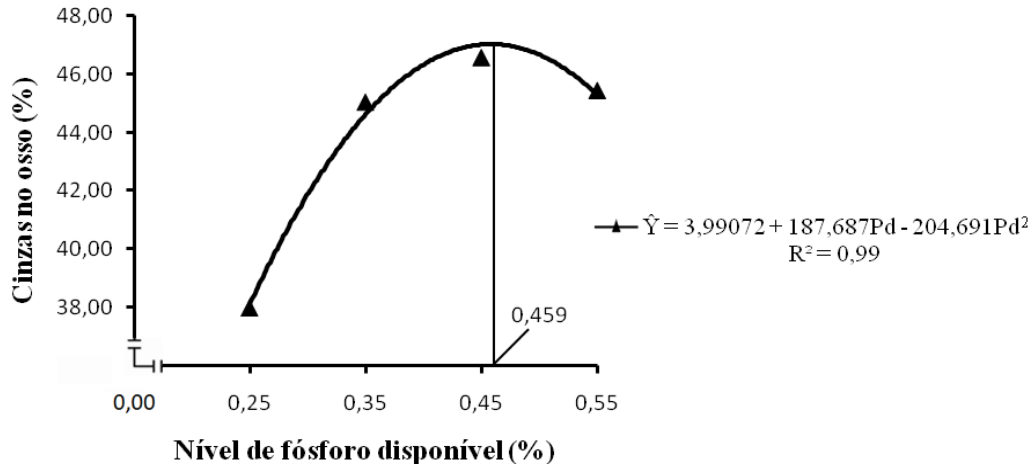


Figura 14 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a porcentagem de cinzas ósseas em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

nas rações com CaF (Figura 14) e variou ($P < 0,05$) de forma linear crescente de acordo com a equação: $\hat{Y} = 35,7358 + 20,3458X$ ($r^2 = 0,92$) com a ração com CaV.

Embora não tenha havido interação ($P > 0,05$), os níveis de Pd também influenciaram ($P < 0,05$) a quantidade (g) de CZO, que aumentou de forma quadrática até o nível estimado de 0,474% quando se utilizou a ração com CaF (Figura 15) e de forma linear com o uso das rações com CaV, segundo a equação $\hat{Y} = 0,434158 + 1,20443Pd$ ($r^2 = 0,98$).

Influência positiva dos níveis de Pd da ração sobre a quantidade de CZO também foi observada por Runho et al. (2001), Lima (1995) e Gomes et al. (1993).

As variações observadas na deposição de CZO foram similares às observadas nas deposições de Ca e P nos ossos em frangos submetidos a diferentes tratamentos.

Os dados de porcentagem e quantidade (g) de CZO nos frangos com menor nível de Pd (0,25%) observado quando submetidos tratamento com ração com CaV sugerem que, uma vez mantida a proporcionalidade entre Ca e P, mesmo em deficiência, as aves tendem a priorizar a mineralização óssea em detrimento do crescimento.

Embora ocorra mineralização óssea mais eficiente quando a relação Ca:Pd é mantida, Cardoso Júnior et al. (2010) verificaram que frangos de corte alimentados com rações deficientes em cálcio e fósforo disponível (Pd) apresentaram tibia com

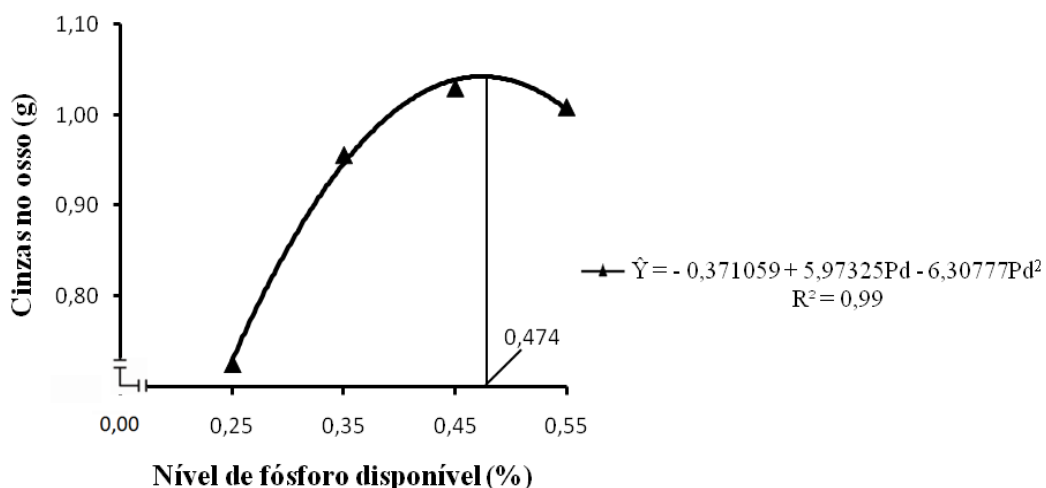


Figura 15 – Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre a quantidade de cinzas ósseas em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

menor percentagem de cinzas em razão da quantidade insuficiente dos minerais estudados para adequada mineralização.

Ambos os tipos de ração estudados (CaF e CaV) apresentaram efeito ($P < 0,05$) dos níveis de Pd sobre a relação Ca:P depositada no osso, que decresceu ($P < 0,05$) de forma linear segundo as equações $\hat{Y} = 2,28756 - 0,724209Pd$ ($r^2 = 0,67$) e $\hat{Y} = 2,24427 - 0,567328X$ ($r^2 = 0,51$), respectivamente, para as rações com CaF e CaV.

Os valores médios da proporção Ca:P depositada no osso (2:1 x 2,02:1) não diferiram ($P > 0,05$) quando se utilizou a ração com CaF ou CaV. Como a relação Ca:Pd na ração em que se utilizou CaF variou de 1,63 a 3,60, pode-se inferir que a deposição de P no osso ocorre simultaneamente com a de Ca, na proporção próxima a 2:1, caracterizando uma interdependência entre esses minerais. Estudando níveis de Pd em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade na termoneutralidade, Maia et al. (2009) também verificaram proporcionalidade na deposição de Ca e P (2:1) no osso, independentemente de suas relações nas rações experimentais.

Com base nos resultados, fica claro que os níveis de Ca e Pd da dieta não são os responsáveis por essa regulação na relação Ca:P depositada no osso. Nesse sentido, Crenshaw et al. (2011) identificaram o osso como principal local de síntese do fator de crescimento de fibroblastos 23 (FGF 23), responsável tanto pelo transporte renal de P quanto pela regulação na ativação da vitamina D₃, caracterizando o tecido ósseo como glândula endógena.

Ensaio de metabolismo

Durante o período experimental, a temperatura do ar manteve-se em $29,10 \pm 0,62^{\circ}\text{C}$ e $27,07 \pm 0,56^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa em $60,21 \pm 2,67\%$ e $61,93 \pm 2,51\%$, correspondente a ITGU calculado de $78,4 \pm 0,51$ e $75,9 \pm 0,63$, respectivamente, nos períodos de 8 a 15 e 16 a 20 dias de idade. Considerando que Valério et al. (2003) relataram que o ambiente com ITGU de até 80,5 representa conforto para a criação de frangos de corte, no período de 8 a 21 dias de idade, pode-se afirmar que neste estudo as aves foram mantidas em condição de termoneutralidade.

Os resultados do balanço de fósforo (fósforo ingerido, fósforo excretado, fósforo retido e o coeficiente de retenção de fósforo) nas aves alimentadas com rações mantendo ou não a relação Ca:P estão apresentados na Tabela 5. Foi observada interação ($P < 0,05$) entre os níveis de Pd e o tipo de ração (CaF ou CaV) adotada em todas as variáveis relacionadas ao balanço de fósforo, com exceção do fósforo ingerido (PI), que não apresentou interação ($P < 0,05$).

Quando os frangos de corte foram submetidos às diferentes rações, o PI variou ($P < 0,01$) de forma linear crescente segundo as equações $\hat{Y} = 3,65677 + 14,2336\text{Pd}$ ($r^2 = 0,97$) e $\hat{Y} = 0,799288 + 2,58454\text{Pd}$ ($r^2 = 0,99$), respectivamente, com o uso das rações CaF e CaV. Essa similaridade observada nos resultados do uso de ambas as rações ocorreu devido à restrição alimentar a que os animais foram submetidos durante o período experimental. Dessa forma, alterações no consumo voluntário devido aos diferentes níveis de Pd testados que poderiam comprometer a ingestão de P pelos animais não ocorreram.

Em contrapartida, ao avaliar o balanço de fósforo de frangos de corte de 8 a 21 dias de idade, trabalhando com rações à base de milho e farelo de soja, em que o cálcio foi mantido fixo, Maia (2008) verificou resposta similar quanto ao PI, mesmo os animais não tendo sido submetidos à restrição alimentar.

Apesar de ter ocorrido interação ($P < 0,05$), o fósforo excretado (PE) aumentou e o fósforo retido (PR) diminuiu em função dos níveis de Pd observados, de maneira similar quando do uso de ambas as rações avaliadas (CaF ou CaV). Verificaram-se aumento linear segundo as equações $\hat{Y} = 0,278336 + 4,38459\text{Pd}$ ($r^2 = 0,91$) e $\hat{Y} = -1,82661 + 1,75339\text{Pd}$ ($r^2 = 0,99$) quando o PE foi considerado e diminuição linear segundo as equações $\hat{Y} = 3,37843 + 9,84899\text{Pd}$ ($r^2 = 0,94$) e $\hat{Y} = 0,817554 + 0,831155\text{Pd}$ ($r^2 = 0,99$) para o PR, respectivamente, com o uso das rações CaF e CaV.

Tabela 5 – Fósforo total ingerido (PI), fósforo total excretado (PE), fósforo total retido (PR) e coeficiente de retenção de fósforo (CRP) de frangos de corte de 15 a 20 dias de idade, em função dos diferentes níveis de fósforo disponível, mantendo ou não a relação Ca:P, expostos ao ambiente termoneutro (29 - 27°C)

Variável	Nível de fósforo disponível (%)				Média	C.V. (%)
	0,25	0,35	0,45	0,55		
CaF						
PI ¹ (g)	7,07	9,06	9,72	11,57	9,28a	0,39
PE ¹ (g)	1,47	1,76	2,02	2,86	-	8,51
PR ¹ (g)	5,60	7,30	7,70	8,71	-	2,40
CRP ² (%)	79,19	80,54	79,21	75,28	-	2,27
CaV						
PI ¹ (g)	7,22	8,50	9,86	11,08	9,10a	0,31
PE ¹ (g)	1,21	1,57	2,24	2,77	-	9,36
PR ¹ (g)	6,01	6,93	7,62	8,30	-	2,64
CRP ¹ (%)	83,25	81,53	77,28	74,97	-	2,34

¹Efeito linear (P<0,01).

² Efeito quadrático (P<0,01).

O resultado obtido não condiz com o de Maia (2008), que verificou aumento do PE e PR até os níveis estimados, respectivamente, de 0,29 e 0,54% de Pd. Esse contraste observado pode estar relacionado às diferentes metodologias de fornecimento de ração utilizadas (restrita x *ad libitum*) e à idade dos animais (11 a 15 x 15 a 20 dias) utilizados durante o ensaio metabólico, o que indica que alterações no CR em função dos níveis de Pd testados, bem como a idade dos animais, podem afetar o balanço de fósforo.

Os resultados obtidos estão de acordo com os de Waldroup et al. (2000) e Yan et al. (2000), que verificaram melhor utilização do P em concentrações mais baixas na ração. Esses autores verificaram reduzida concentração de P nas excretas quando o menor nível de inclusão foi testado, aumentando quando elevada sua inclusão na ração. Ashwelle Angel (2010) também afirmaram que frangos de corte quando submetidos à restrição de P apresentam melhora na utilização desse nutriente.

Embora tenha sido observada resposta semelhante a ambas as variáveis estudadas, verificou-se que no menor nível de Pd testado (0,25%) houve diminuição na excreção de P e aumento na retenção desse nutriente quando a ração com CaV foi utilizada, sugerindo maior eficiência de utilização de P quando a relação Ca:P é mantida. De maneira semelhante, Rao et al. (2006) constataram excreção de Ca e P

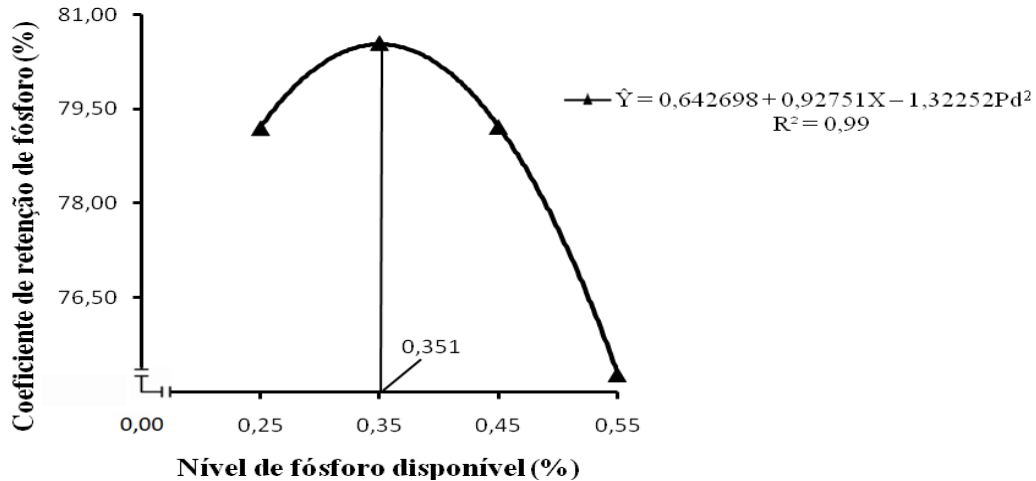


Figura 16 –Efeito dos níveis de Pd em rações com CaF sobre o coeficiente de retenção de fósforo em frangos de corte de 8 a 21 dias de idade criados em ambiente termoneutro.

significativamente menor quando os animais foram alimentados com rações com os menores níveis de Pd, mantendo a relação Ca:P, de 2:1.

Os tratamentos também influenciaram o coeficiente de retenção de P (CRP), que aumentou ($P < 0,01$) até o nível estimado de 0,351% (Figura 16) quando a ração com CaF foi utilizada e diminuiu ($P < 0,01$) nos animais que receberam a ração com CaV segundo a equação $\hat{Y} = 0,817003 - 0,454717Pd$ ($r^2 = 0,97$).

Com ambas as rações (CaF ou CaV), o CRP médio dos frangos não variou, mostrando que a excreção de P é significativamente menor quando os animais recebem rações com baixos níveis de Pd, aumentando com a elevação de sua inclusão na ração. Entretanto, quando o nível mais baixo de Pd (0,25%) foi verificado na ração com CaF, a redução no CRP poderia estar relacionada a possível comprometimento da absorção de P pelas aves, devido à alta relação Ca:Pd neste nível (3,6:1).

A relação Ca:Pd identificada neste estudo, quando a ração com CaF foi utilizada, que proporcionou o maior CRP foi de 2,56, o que está em conformidade com os valores de 2,53 e 2,24 obtidos, respectivamente, por Plumstead et al. (2008) e Maia (2008). Os dados sugerem que, apesar de a deficiência de P promover maior eficiência em sua utilização, esta é totalmente dependente da relação Ca:Pd na ração.

Nesse sentido, Rao et al. (2006) e Al-Marsri (1995) verificaram que, em situação de alta relação Ca:Pd, os frangos aumentam a excreção dos dois minerais devido à possível formação de fosfato de Ca no intestino.

Quando o maior nível de inclusão (0,55%) foi testado, verificou-se nos resultados obtidos com ambas as rações testadas comprometimento no CRP, o que contradiz a hipótese levantada por Maia (2008) de que a redução verificada, quando a ração CaF foi utilizada, é indicativo de possível desequilíbrio na proporção de P e Ca absorvidos.

Ao avaliarem baixas relações Ca:Pd, Plumstead et al. (2008) observaram que baixos níveis de Ca na ração, apesar de promoverem aumento na absorção de P, simultaneamente aumentam a sua concentração nas excretas, sugerindo que não há Ca suficiente para permitir a incorporação do P no osso.

Este estudo mostrou que outros fatores possivelmente contribuem para menor utilização do P nos níveis mais altos testados (0,45 e 0,55), além do desbalanço na relação Ca:Pd.

4. Conclusão

Utilizando-se a ração em que o nível de Ca foi mantido fixo e aquela em que ele variou proporcionalmente conforme o nível de P, os níveis de 0,446 e 0,550% de fósforo disponível, correspondentes ao consumo estimado de 4,15 e 5,07 g, respectivamente, proporcionaram melhores resultados de desempenho em frangos de corte dos 8 aos 21 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro.

5.Referências

AL-MASRI, M. R. Absorption and excretion of phosphorus in growing broiler chicks, as influenced by calcium and phosphorus ratios in feed. **British Journal of Nutrition**, v.74, p.407-415, 1995.

ANGEL, R. Calcium and phosphorus requirements in broilers. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 3., 2011, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG, 2011, p.77-96.

ASHWELL, C.M.; ANGEL, R. Nutritional genomics: a practical approach y early life conditioning with dietary phosphorus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.268-278, 2010. (Supl. especial).

BOLLING, S.D.; DOUGLAS M. W.; WANG, X. et al. The effects of dietary available phosphorus levels and phytase on performance of young and older laying hens. **Poultry Science**, v.79, n. 2, p.224-230, 2000.

BRUGALLI, I.; SILVA, S.J.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de fósforo disponível e efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1288-1296, 1999.

BUFFINGTON, D.E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H. et al. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. **Transaction of the ASAE**, v.24, p.711-714, 1981.

BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S.; BORSATTO, C.G. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade, mantendo-se a relação Ca:Pdisp em 2:1. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2008, Campinas. **Anais...** Campinas, SP: FACTA, 2008. p.45.

CARDOSO JÚNIOR, A.; RODRIGUES, P.B.; BERTECHINI, A.G. et al. Levels of available phosphorus and calcium for broilers from 8 to 35 days of age fed rations containing phytase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1237-1245, 2010.

- COBB. **Guia de manejo para frangos de corte cobb 500**. [S.I.: s.n.], 2005. 58p.
- CRENSHAW, T.D.; RORTVEDT, L.A.; HASSEN, Z. A novel pathway for vitamin D-mediated phosphate homeostasis: Implications for skeleton growth and mineralization. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1957-1964, 2011.
- FREDERICK, B.R.; STAHLY, T.S. Dietary available phosphorus needs of high lean pigs. ISU Swine Report Research. Iowa State University Extension. 1998. Disponível em: <<http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/swinereports/asl-1563.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2011.
- GOMES, P.C.; GOMES, M.F.M.; ALBINO, L.F.T. et al. Exigência de fósforo e sua disponibilidade nos fosfatos monoamônio e monocalcico para frangos de corte até 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, p.755-763, 1993.
- HURWITZ, S.; BAR, A. Calcium and phosphorus interrelationships in the intestine of the fowl. **Journal of Nutrition**, v.101, p.677-686, 1971.
- JIANG, S.; JIANG Z.; ZHOU, G. et al. Non-phytate phosphorus requirements and efficacy of a genetically engineered yeast phytate in male lingnan yellow broilers from 1 to 21 days of age. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.95, p.47-55, 2010.
- KILL, J. L.; DONZELE, J. L.; CARDOSO, E.F.; HADDADE, I.; ROSSONI, M. C.; HAESE, D.; PIRES, A.F.; LIMA, A. L. Exigência de fósforo para frangos de corte de 7 a 28 dias de idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 18., 2008, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, 2008.
- LANA, G.R.Q.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1117-1123, 2000.
- LANA, S.R.V.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, nº.5, p.1614-1623, 2005
- LIMA, I.L. **Disponibilidade de fósforo e de flúor de alguns alimentos e exigência nutricional de fósforo para frangos de corte**. 1995. 121 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.
- MAIA, A.P.A. **Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos dos 8 aos 21 dias de idade submetidos à ambiente de alta temperatura e termoneutralidade**. 2008. 84f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- MAIA, A.P.A.; ANTUNES, M.V.L.; CAMPOS, P.H.R.F. et al. Níveis de fósforo disponível para frangos de corte machos dos 8 aos 21 dias de idade submetidos à ambiente de alta temperatura e termoneutralidade. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 11.; CONGRESSO NACIONAL DE

ZOOTECNIA,19., 2009, Águas de Lindoia. **Anais...** Águas de Lindoia, SP: ZOOTEC, 2009.

PERSIA, M.E.; SAYLOR, W.W. Effects of broilers strain, dietary nonphytate phosphorus, and phytase supplementation on chick performance and tibia ash. **Journal Applied Poultry Research**, v.15, p.72-81, 2006.

PLUMSTEAD, P.W.; LEYTEM, A.B.; MAGUIRE, R.O. et al. Interaction of calcium and phytate in broiler diets. Effects on apparent prececal digestibility and retention of phosphorus. **Poultry Science**, v.87, p.449-458, 2008.

PUPPO, D.; CARDOSO, E.F. et al. Exigência de fósforo para frangos de corte dos 8 aos 21 dias de idade. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2008.

QIAN, H.; KORNEGAY, E.T.; DENBOW, D.M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broilers diets. **Poultry Science**, v.76, p.37-46, 1997.

QUEIROZ, L.S.B.; BETERCHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B. et al. Utilização de fosfatos comerciais para frangos de corte na fase inicial. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.43, n.10, p.1421-1427, out. 2008.

RAMA, RAO; S.V.; RAJU, M.V.L.N.; REDDY, M.R. et al. Interaction between dietary calcium and non-phytate phosphorus levels on growth, bone mineralization and mineral excretion in commercial broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.131, p.133-148, 2006.

RONCBI, C. Principais práticas de manejo para aves recém nascidas. **Revista AveWorld**, dez./jan., 2004.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: DZO/UFV, 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**. 3. ed. Viçosa, MG: DZO/UFV, 2011.

RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.187-196, 2001.

SARAIVA, A.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de fósforo disponível em rações para suínos de alto potencial genético para deposição de carne dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1279-1285, 2009.

SARMENTO, L.G.V.; DANTAS, R.T.; FURTADO, D.A. et al. Efeito da pintura externo do telhado sobre o ambiente climático e desempenho de frangos de corte. **Agropecuária Técnica**, v.26, n.2, p.117-122, 2005.

SCHALY, L. M.; GONÇALVES, B.N. et al. Efeito de níveis de fósforo não-fítico e de fitase sobre o fêmur de frangos de corte. **Revista Biotemas**, v.22, n.1, p.81-85, ISSN 0103 – 1643, 2009.

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

SILVA, J.H.V.; ARAUJO, J.A.; GOULART, C.C. et al. Relação cálcio:fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semipesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2166-2172, 2008.

SIQUEIRA, J.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível da ração e temperatura ambiente para frangos de corte em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2054-2062, 2007. (Supl.).

TAMIN, N.M.; ANGEL, R.; CHRISTMAN, M. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolyses in broiler chickens. **Poultry Science**, v.83, p.1358-1367, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG** – Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 8.1. Viçosa, MG, 2003. (Apostila).

VALERIO, S.R.; OLIVEIRA, R.F.M.; DONZELE, J.L. et al. Níveis de lisina digestível em rações, em que se manteve ou não a relação aminoacídica, para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, mantidos em estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.361-371, 2003.

WALDROUP, P.W.; KERSEY, J.H.; SALEH, E.A. et al. Nonphytate phosphorus requirements and phosphate excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. **Poultry Science**, v.79, p.1451-1459, 2000.

YAN, F.; KERSEY, J.H.; FRITTS, C.A. et al. Evaluation of normal yellow dent corn and high available phosphorus corn in combination with reduced dietary phosphorus and phytase supplementation for broilers grown to market weights in litter pens. **Poultry Science**, v.79, p.1282-1289, 2000.

6. Apêndice

1 – ANOVAS

1.1 – Desempenho

Consumo de Ração

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	20566,53	6855,511	4,887	0,00446
Relação Ca:Pd	1	7,612103	7,612103	0,005	*****
Níveis * Relação	3	1798,842	599,6139	0,427	*****
Resíduo	54	75747,49	1402,731		

Coeficiente de Variação = 4,073

Consumo de Fósforo Disponível

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	71,34942	23,78314	962,66	80,0000
Relação Ca:Pd	1	0,1348163E-02	0,1348163E-02	0,055	*****
Níveis * Relação	3	0,2525796E-01	0,8419320E-02	0,341	*****
Resíduo	54	1,334094	0,2470544E-01		

Coeficiente de Variação = 4,290

Ganho de Peso

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	61161,09	20387,03	10,849	0,00002
Relação Ca:Pd	1	5893,436	5893,436	3,136	0,08222
Níveis * Relação	3	4408,440	1469,480	0,782	*****
Resíduo	54	101472,7	1879,123		

Coeficiente de Variação = 6,676

Conversão Alimentar

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	0,1230429	0,4101429E-01	11,410	0,00001
Relação Ca:Pd	1	0,3252470E-01	0,3252470E-01	9,048	0,00399
Níveis * Relação	3	0,3422102E-01	0,1140701E-01	3,173	0,03139
Resíduo	54	0,1941045	0,3594529E-02		

Coeficiente de Variação = 4,217

Taxa de Deposição de Proteína

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	3,404320	1,134773	4,514	0,00668
Relação Ca:Pd	1	0,8068645	0,8068645	3,210	0,07869
Níveis * Relação	3	3,040519	1,013506	4,032	0,01156
Resíduo	55	13,82529	0,2513688		

Coeficiente de Variação = 19,088

Taxa de Deposição de Gordura

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	4,826552	1,608851	11,788	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,1284414	0,1284414	0,941	*****
Níveis * Relação	3	2,440197	0,8133990	5,960	0,00136
Resíduo	55	7,506228	0,1364769		

Coeficiente de Variação = 6,101

1.2 – Variáveis ósseas

Cálcio no osso (%)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	37,02908	12,34303	13,250	0,00000
Relação Ca:Pd	1	3,111795	3,111795	3,341	0,07293
Níveis * Relação	3	7,000137	2,333379	2,505	0,06838
Resíduo	56	52,16583	0,9315327		

Coeficiente de Variação = 7,056

Cálcio no osso (g)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	0,8085661E-01	0,2695220E-01	26,349	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,1100828E-02	0,1100828E-02	1,076	0,30401
Níveis * Relação	3	0,3905886E-02	0,1301962E-02	1,273	0,29256
Resíduo	56	0,5728191E-01	0,1022891E-02		

Coeficiente de Variação = 10,096

Fósforo no osso (%)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	22,41314	7,471046	30,002	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,2728952	0,2728952	1,096	0,29967
Níveis * Relação	3	2,636537	0,8788455	3,529	0,02052
Resíduo	56	13,94516	0,2490207		

Coeficiente de Variação = 7,290

Fósforo no osso (g)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	0,3534143E-01	0,1178048E-01	33,141	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,6804541E-04	0,6804541E-04	0,191	*****
Níveis * Relação	3	0,1009739E-02	0,3365795E-03		*****
Resíduo	56	0,1990605E-01	0,3554652E-03		

Coeficiente de Variação = 11,846

Cinzas ósseas (%)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	508,7422	169,5807	104,614	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,2229024	0,2229024	0,138	*****
Níveis * Relação	3	37,00372	12,33457	7,609	0,00024
Resíduo	56	90,77703	1,621018		

Coeficiente de Variação = 2,906

Cinzas ósseas (g)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	0,9984152	0,3328051	30,294	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,3234651E-02	0,3234651E-02	0,294	*****
Níveis * Relação	3	0,6609988E-01	0,2203329E-01	2,006	0,12361
Resíduo	56				

Coeficiente de Variação = 11,355

Relação Ca:P no osso

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	0,5580236	0,1860079	21,121	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,6061911E-02	0,6061911E-02	0,688	*****
Níveis * Relação	3	0,9220512E-02	0,3073504E-02	0,349	*****
Resíduo	56	0,4931857	0,8806888E-02		

Coeficiente de Variação = 4,674

1.3 – Balanço de fósforo

Fósforo ingerido (g)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	138,4402	46,14673	44349,601	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,5426173	0,5426173	521,486	0,00000
Níveis * Relação	3	1,726080	0,5753600	552,953	0,00000
Resíduo	52	0,5410714E-01	0,1040522E-02		

Coeficiente de Variação = 0,351

Fósforo excretado (g)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	18,11753	6,039178	195,620	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,9808988E-01	0,9808988E-01	3,177	0,08050
Níveis * Relação	3	0,05135341	0,1711780	5,545	0,00223
Resíduo	52	1,605342	0,3087196E-01		

Coeficiente de Variação = 8,947

Fósforo retido (g)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	58,27220	19,42407	584,656	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,1792951	0,1792951	5,397	0,02412
Níveis * Relação	3	1,671821	0,5572737	16,774	0,00000
Resíduo	52	1,727598	0,3322305E-01		

Coeficiente de Variação = 2,523

Coeficiente de retenção de fósforo (%)

Fontes de Variação	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Signif.
Níveis de Pd	3	0,3592751E-01	0,1197584E-01	36,130	0,00000
Relação Ca:Pd	1	0,7391739E-03	0,7391739E-03	2,230	0,14139
Níveis * Relação	3	0,7491197E-02	0,2497066E-02	7,533	0,00029
Resíduo	52	0,1723619E-01	0,3314651E-03		

Coeficiente de Variação = 2,305