



## Rações com níveis reduzidos de proteína bruta, cálcio e fósforo com fitase e aminoácidos para frangos de corte<sup>1</sup>

Elisângela Minati Gomide<sup>2</sup>, Paulo Borges Rodrigues<sup>3</sup>, Antônio Gilberto Bertechini<sup>3</sup>, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas<sup>3</sup>, Édson José Fassani<sup>3</sup>, Matheus de Paula Reis<sup>4</sup>, Nair Elizabeth Barreto Rodrigues<sup>5</sup>, Erin Caperuto de Almeida<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Projeto financiado pelo CNPq, com apoio da Fapemig (PPM).

<sup>2</sup> Doutoranda em Zootecnia – UFLA.

<sup>3</sup> Departamento de Zootecnia – UFLA. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Mestrando do Departamento de Zootecnia – UFLA. Bolsista AT/NM do CNPq.

<sup>5</sup> IFES – Campus Santa Teresa.

<sup>6</sup> UFG – Campus Jataí.

**RESUMO** - Em experimentos de desempenho e metabolismo, avaliaram-se os efeitos do fornecimento de rações com níveis reduzidos de proteína bruta, cálcio e fósforo disponível sobre o desempenho, as características de carcaça, o conteúdo de cinzas na tíbia, o balanço e a retenção de nitrogênio e fósforo de frangos de corte nos períodos de 8 a 21 e 8 a 35 dias de idade. Em cada uma destas fases no ensaio de desempenho, foram utilizadas 30 e 25 aves por unidade experimental e, no ensaio de metabolismo, cinco e três aves, respectivamente, em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Os tratamentos constituíram-se de rações com 21% proteína bruta sem fitase (controle), formuladas com níveis nutricionais recomendados nas tabelas brasileiras, e rações com 21, 20, 19 e 18% de proteína bruta com fitase (8 a 21 dias) e, no período de 8 a 35 dias, ração com 20% proteína bruta sem fitase (controle), e rações com 20, 19, 18 e 17% de proteína bruta, com fitase. Nas rações com fitase (80 g de fitase – Ronozyme NP(M) por tonelada de ração), o nível de fósforo disponível reduziu em 0,15 e o de cálcio em 0,30 ponto percentual em relação ao da ração controle. Não houve efeito da redução da composição em nutrientes das rações sobre o consumo, o ganho de peso e a conversão alimentar em ambas as fases nem diferença nas características de carcaça aos 35 dias. Todavia, verificou-se maior teor de gordura abdominal quando as aves consumiram ração com o menor nível proteico. A excreção de nitrogênio e fósforo foi menor quando as aves receberam ração com níveis reduzidos desses nutrientes. A porcentagem de cinzas na tíbia, nas fases avaliadas, não diferiu entre os tratamentos. É possível reduzir em até três pontos percentuais o nível proteico das rações, em 0,15 o de fósforo disponível e em 0,30 ponto percentual o de cálcio quando as rações são suplementadas com fitase e aminoácidos.

Palavras-chave: cinzas na tíbia, desempenho, metabolismo

## Diets with reduced crude protein, calcium and phosphorus levels with phytase and amino acids for broiler chickens

**ABSTRACT** - In performance and metabolism trials, diets with reduced levels of crude protein, calcium and available phosphorus on the performance, carcass characteristics, tibia ashes, balance and retention of nitrogen and phosphorus of broiler chickens in phase from 8 to 21 and 8 to 35 days were evaluated. In each phase, 30 and 25 birds per experimental unit were used in the performance assay and five and three in the metabolism assay, respectively, in a completely randomized experimental design, with six replications. Treatments consisted of diet with 21% crude protein without phytase (control), formulated with nutritional levels recommended on the Brazilian tables, and diets with 21, 20, 19 and 18% crude protein with phytase (8 to 21 days) and from 8 to 35 days, the control diet had 20% crude protein without phytase (control), and others diets with 20, 19, 18, 17% crude protein, with phytase. In the diets with phytase (80 g of Ronozyme NP(M) phytase per ton of diet), the level of available phosphorus was reduced in 0.15 and the calcium in 0.30 percentage points in relation to the control diet. No effect was observed with the reduction of nutrients on feed intake, weight gain, or feed conversion in either phase or for the study of carcass characteristics to the 35 days. However, higher abdominal fat percentage was observed when the broilers were fed diet with lower protein level. The excretion of nitrogen and phosphorus decreased when birds received diets with reduced levels of these nutrients. Ash percentage in the tibia was not influenced by treatments. It is possible to reduce protein level, available phosphorus, and calcium of the diets in up to 3, 0.15 and 0.30 percentage points when the diets are supplemented with phytase and amino acids, respectively.

Key Words: tibia ashes, metabolism, performance

## Introdução

A formulação de dietas utilizando-se o conceito de proteína bruta normalmente resulta em dietas com quantidades de aminoácidos superiores às necessidades reais dos animais, ocasionando aumento na excreção de nitrogênio para o meio ambiente e nos custos de produção. Com a disponibilidade de alguns aminoácidos sintéticos produzidos em escala comercial, tornou-se possível formular rações com níveis reduzidos de proteína bruta, pois possíveis deficiências em aminoácidos, pela redução do nível proteico das rações, podem ser corrigidas com a inclusão de fontes comerciais desses aminoácidos. Assim, pesquisas têm comprovado que é possível formular rações com o perfil de aminoácidos mais próximo da exigência do animal sem comprometer o desempenho (Silva et al., 2006; Gomide et al., 2007; Rodrigues et al., 2008a,b; Nagata et al., 2009).

Além da redução do excesso de aminoácidos, os nutricionistas da área animal vêm se preocupando também em melhorar a eficiência de utilização do fósforo fítico dos alimentos de origem vegetal. As rações para aves são constituídas principalmente de alimentos de origem vegetal, que apresentam aproximadamente dois terços do conteúdo de fósforo na forma do complexo orgânico fitato, que não pode ser plenamente digerido pelas aves (Nelson, 1967). Estudos comprovam que os efeitos negativos do fitato podem ser amenizados com a utilização da fitase exógena, que é capaz de hidrolisar o fósforo fítico, tornando-o disponível para uso metabólico (Lan et al., 2002; Gomide et al., 2007; Santos et al., 2008; Cardoso Junior et al., 2010).

Neste contexto, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do fornecimento de rações com níveis reduzidos de proteína bruta, fósforo disponível e cálcio, suplementadas com fitase e aminoácidos sintéticos sobre o desempenho, as características de carcaça, a porcentagem de cinzas na tíbia, o balanço e a retenção de nitrogênio e fósforo de frangos de corte criados nos períodos de 8 a 21 e 8 a 35 dias de idade.

## Material e Métodos

Utilizando-se frangos de corte criados nas fases de 8 a 21 (experimento 1) e de 8 a 35 dias de idade (experimento 2), foram conduzidos quatro ensaios experimentais (desempenho e metabolismo): um de desempenho e outro de metabolismo no período de 17/5/2008 a 31/5/2008 (8 a 21 dias); e um de desempenho e outro de metabolismo no período de 9/7/2008 a 5/8/2008 (8 a 35 dias de idade). Os ensaios de desempenho e de metabolismo em cada fase de criação foram realizados simultaneamente.

No ensaio de desempenho da fase de 8 a 21 dias (experimento 1), foram utilizados 900 pintos de corte machos, da linhagem Cobb, com peso médio de  $157,00 \pm 1,34$  g e, no experimento 2, referente à fase de 8 a 35 dias de idade, foram utilizados 750 pintos de corte com peso médio de  $198,00 \pm 0,40$  g. As aves receberam ração com os níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al. (2005), no período de 1 a 7 dias de idade e, ao início de cada experimento, as aves foram pesadas individualmente e distribuídas aleatoriamente, com base no peso, em um galpão de alvenaria, dividido em boxes de 3 m<sup>2</sup>, de modo que as parcelas apresentassem peso médio inicial semelhante (Rostagno et al., 2007). O piso de todos os boxes foi coberto com maravalha e cada boxe continha um comedouro tubular, um bebedouro pendular e uma campânula, cuja altura era ajustada conforme o crescimento das aves. A ração e a água foram fornecidas à vontade e a iluminação foi constante durante todo o período experimental (24 horas de luz, entre natural e artificial, sendo utilizada como fonte de luz artificial lâmpadas incandescentes de 100 watts).

A temperatura foi controlada por manejo de cortinas e ventiladores e os registros de temperatura foram obtidos com a instalação, em pontos distintos no galpão, de dois termômetros de máxima e mínima. Os dados foram anotados diariamente e as temperaturas médias de máxima e mínima registradas no interior do galpão durante o período experimental foram de 14,4 e 15,4 °C e de 26,4 e 27,4 °C, respectivamente aos ensaios de desempenho no experimento 1 (8 a 21 dias de idade) e 2 (8 a 35 dias de idade).

Em cada um dos ensaios, o desempenho das aves no período de criação foi avaliado pelo consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. No ensaio 1, aos 21 dias de idade, duas aves de cada unidade experimental foram sacrificadas por deslocamento cervical para remoção das tíbias esquerdas para análise das cinzas ósseas. No ensaio 2, aos 35 dias de idade, quatro aves de cada parcela foram abatidas: duas para determinação das cinzas ósseas (tíbia); e duas para avaliação do rendimento de carcaça, peito, coxa + sobrecoxa e gordura abdominal.

Simultaneamente, a cada ensaio de desempenho, realizou-se um ensaio de metabolismo utilizando-se o método de coleta total de excretas. Foram utilizados 150 pintos de corte machos, com 14 dias de idade no ensaio de metabolismo referente ao experimento 1, e 90 aves com 28 dias de idade referentes ao experimento 2. Em cada um dos ensaios de metabolismo, as aves foram alojadas em gaiolas metabólicas, contendo um bebedouro tipo pressão e um comedouro individual tipo calha, com borda para evitar desperdícios e uma bandeja revestida com plástico resistente para coleta de excretas. Utilizou-se um período experimental de sete

dias, sendo quatro de adaptação às dietas experimentais e três de coleta total de excretas (Rodrigues et al., 2005), realizada uma vez ao dia, na parte da manhã. Em todas as amostras (rações e excretas), foram determinados os teores de matéria seca, nitrogênio e fósforo. O método utilizado para determinação do nitrogênio das rações e das excretas foi o de Kjeldahl, conforme metodologia proposta pela AOAC (1990). A determinação das cinzas ósseas, assim como do fósforo (rações e excretas), foi realizada seguindo métodos descritos por Silva (2002). Os coeficientes de retenção aparente (CRap) de nitrogênio e fósforo (na matéria seca) foram calculados por meio da fórmula  $CRap = [(g \text{ de nutriente ingerido} - g \text{ de nutriente excretado}) / g \text{ de nutriente ingerido}] \times 100$ .

Em todos os ensaios (desempenho e metabolismo), o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, de modo que, nos ensaios de desempenho correspondentes às fases de 8 a 21 dias de idade (experimento 1) e de 8 a 35 dias de idade (experimento 2), os tratamentos foram constituídos de cinco rações, fornecidas a seis repetições de 30 e 25 aves, respectivamente, aos experimentos 1 e 2. Nos ensaios de metabolismo, as rações experimentais foram fornecidas a seis repetições de cinco e três aves por unidade experimental, respectivamente aos experimentos 1 e 2. Nos ensaios de desempenho e de metabolismo referentes ao experimento 1, os tratamentos experimentais consistiram de uma ração controle (21% de proteína bruta - PB e sem fitase, com níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2005), uma ração com 21% de PB e suplementada com fitase, e rações com 20; 19 e 18% de PB, suplementadas com fitase e aminoácidos. No experimento 2, os tratamentos foram constituídos de cinco rações: uma controle (20% de PB e sem fitase, com níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2005); uma com 20% PB e suplementada com fitase; e outras três rações, contendo 19; 18 ou 17% de PB e suplementadas com fitase e aminoácidos. As rações com fitase foram suplementadas com 80 g de fitase/tonelada de ração (Ronozyme NP-(M)<sup>®</sup>) e tiveram o nível de fósforo disponível (Pdisp) reduzido em 0,15 e o de cálcio (Ca) em 0,30 ponto percentual em relação à ração controle, mantendo-se a relação cálcio:fósforo disponível em 2:1.

As rações experimentais (Tabelas 1 e 2) foram formuladas com base em aminoácidos digestíveis, mantendo-se a relação ideal dos aminoácidos com a lisina, e foram suplementadas com aminoácidos sintéticos conforme as necessidades nutricionais das aves, seguindo recomendações de Rostagno et al. (2005). Todas as rações foram à base de milho e farelo de soja, isoenergéticas e formuladas para conter o mesmo balanço eletrolítico (BE) da

ração controle, utilizando-se o carbonato de potássio para o ajuste, sendo o BE calculado pela equação de Mongin (1981). Para os cálculos dos teores de proteína bruta das rações experimentais, não foram considerados os valores proteicos dos aminoácidos. Em todas as etapas, os parâmetros avaliados foram analisados utilizando-se o *software* estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Quando a análise de variância apresentou resultados significativos, foi aplicado o teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, para comparação entre médias.

## Resultados e Discussão

Tanto na fase de 8 a 21 quanto na fase de 8 a 35 dias de idade, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da redução dos níveis de proteína bruta, cálcio e fósforo das rações sobre o desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar) dos frangos (Tabela 3). As aves que receberam rações formuladas com níveis reduzidos de nutrientes suplementadas com fitase e aminoácidos apresentaram desempenho semelhante ao daquelas que receberam a ração controle.

Esses resultados sugerem que o fornecimento de rações formuladas com níveis reduzidos de proteína bruta devidamente suplementadas com aminoácidos essenciais e glicina não prejudica o desempenho dos frangos. A redução do fósforo disponível e cálcio em 0,15 e 0,30 ponto percentual, respectivamente, em relação à ração controle, também não prejudica o desempenho dos frangos quando as rações são suplementadas com fitase. A suplementação de fitase em rações com níveis reduzidos de fósforo disponível e cálcio, provavelmente é efetiva em suprir as exigências de fósforo e cálcio dos frangos, em razão da liberação do fósforo fítico dos alimentos de origem vegetal, não causando nenhum prejuízo ao crescimento das aves.

Esses resultados confirmam as afirmações de Choct (2006) de que a presença de fitase nas dietas pode aumentar a disponibilidade do fósforo fítico dos alimentos em até 70%. Outros estudos também indicaram que o aproveitamento do fósforo fítico pode ser melhorado com a utilização de enzimas exógenas, como a fitase, que é capaz de hidrolisar o fósforo fítico, liberando outros nutrientes além do fósforo (Lan et al., 2002; Rutherford et al., 2004). Cardoso Júnior et al. (2010) também concluíram que é possível reduzir o nível de fósforo disponível em 0,15 e o de cálcio em 0,30 ponto percentual em relação à ração controle mantendo-se a relação cálcio:fósforo disponível em 2:1 em rações suplementadas com fitase, uma vez que essa redução não prejudica o desempenho dos frangos na fase de 8 a 35 dias de idade.

Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais fornecidas a frangos de corte no período de 8 a 21 dias de idade

Ingrediente (%)	Rações experimentais (8 a 21 dias de idade)				
	21% PB sem fitase	21% PB com fitase	20% PB com fitase	19% PB com fitase	18% PB com fitase
Milho grão	62,298	64,521	67,353	69,880	72,242
Farelo de soja	32,057	31,592	28,851	26,174	23,532
Óleo de soja	1,940	1,204	0,818	0,533	0,303
Fosfato bicálcico	1,800	0,960	0,980	1,000	1,020
Calcário calcítico	0,700	0,510	0,510	0,520	0,520
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
L-lisina HCl (78%)	0,190	0,200	0,280	0,360	0,440
DL-metionina	0,210	0,200	0,220	0,250	0,270
L-arginina	0,000	0,000	0,000	0,040	0,120
L-treonina	0,030	0,030	0,060	0,100	0,130
L-glicina + serina	0,000	0,000	0,070	0,160	0,250
L-valina	0,000	0,000	0,000	0,050	0,100
L-isoleucina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060
L-triptofano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
L-fenilalanina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina (60%)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Salinomicina (12%)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina de zinco (15%)	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Fitase	0,000	0,008	0,008	0,008	0,008
Carbonato de potássio	0,000	0,000	0,075	0,150	0,230
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Energia e nutrientes			Composição calculada		
Proteína bruta (%)	21	21	20	19	18
Energia metabolizável (kcal/kg)	3000	3000	3000	3000	3000
Cálcio (%)	0,881	0,579	0,577	0,578	0,576
Fósforo disponível (%)	0,440	0,287	0,288	0,289	0,289
Sódio (%)	0,217	0,218	0,218	0,218	0,218
Lisina (%)	1,142	1,144	1,141	1,140	1,139
Metionina+cistina (%)	0,816	0,810	0,809	0,818	0,817
Triptofano	0,229	0,227	0,214	0,200	0,187
Treonina (%)	0,745	0,745	0,739	0,744	0,738
Arginina (%)	1,319	1,313	1,235	1,197	1,199
Glicina + serina (%)	1,923	1,922	1,898	1,893	1,888
Isoleucina (%)	0,824	0,821	0,776	0,731	0,745
Valina (%)	0,893	0,893	0,850	0,857	0,864
Leucina (%)	1,774	1,784	1,726	1,666	1,606
Histidina (%)	0,542	0,543	0,520	0,496	0,473
Fenilalanina (%)	0,973	0,973	0,926	0,878	0,830
Fenilalanina + tirosina (%)	1,642	1,642	1,562	1,482	1,403
Potássio (%)	0,761	0,759	0,759	0,760	0,763
Cloro (%)	0,345	0,346	0,346	0,346	0,346
Balanco eletrolítico (mEq/kg) <sup>3</sup>	192	192	192	192	192

<sup>1</sup> Fornecimento por kg de produto: vit. A - 12.500.000 UI; vit. D3 - 5.760.000 UI; vit. E - 150.000 mg; vit. K3 - 4.000 mg; vit. B1 - 3.000 mg; vit. B2 - 9.000 mg; vit. B6 - 6.000 mg; vit. B12 - 40.000 mcg; biotina - 300 mg; ácido fólico - 2.000 mg; ácido nicotínico - 80.000 mg; ácido pantotênico - 18.000 mg; C - 100.000 mg; selênio - 300 mg.

<sup>2</sup> Fornecimento por kg de produto: manganês - 160.000 mg; ferro - 100.000 mg; zinco - 100.000 mg; cobre - 20.000 mg; cobalto - 2.000 mg; iodo - 2.000 mg.

<sup>3</sup> O balanço eletrolítico das rações foi calculado segundo o número de Mongin (1981) - (Na + K - Cl).

A redução do nível proteico da ração em até três pontos percentuais não prejudicou o desempenho das aves, e isso confirma que rações com níveis proteicos reduzidos suplementadas com aminoácidos essenciais e glicina de acordo com as necessidades das aves, aproximando-se do perfil ideal recomendado, são eficientes em proporcionar aos frangos o mesmo desempenho obtido com a ração com o nível proteico mais elevado (controle). Outros autores, como Silva et al. (2006), também observaram ser possível reduzir a proteína de rações de frangos de corte sem

prejudicar o desempenho das aves, desde que as rações sejam suplementadas com aminoácidos e fitase.

Ao contrário dos resultados obtidos neste estudo, Vidal et al. (2009) verificaram perdas no desempenho das aves com a redução proteica (23, 21, 19 e 17%) na fase de 1 a 21 dias de idade, mesmo suplementando as dietas com glicina até o nível da dieta controle e de aminoácidos essenciais até o nível de exigência preconizado por Rostagno et al. (2005).

De acordo com Aftab et al. (2006), um dos fatores que pode contribuir para o baixo desempenho dos frangos é a

Tabela 2 - Composição percentual e calculada das rações experimentais utilizadas para frangos de corte no período de 8 a 35 dias de idade

Ingrediente (%)	Rações experimentais 8-35 dias de idade				
	20% PB sem fitase	20% PB com fitase	19% PB com fitase	18% PB com fitase	17% PB com fitase
Milho grão	62,931	65,016	67,662	69,964	72,189
Farelo de soja	30,791	30,417	27,838	25,320	22,816
Óleo de soja	2,590	1,884	1,528	1,289	1,076
Fosfato bicálcico	1,750	0,920	0,930	0,949	0,970
Calcário calcítico	0,730	0,540	0,540	0,540	0,540
Sal comum	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480
L-lisina HCl (78%)	0,191	0,200	0,280	0,360	0,440
DL-metionina	0,222	0,220	0,241	0,262	0,284
L-arginina	0,000	0,000	0,000	0,056	0,132
L-treonina	0,040	0,040	0,075	0,110	0,146
L-glicina + serina	0,000	0,000	0,036	0,131	0,226
L-valina	0,000	0,000	0,035	0,079	0,122
L-isoleucina	0,000	0,000	0,000	0,035	0,080
L-triptofano	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
L-fenilalanina	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cloreto de colina (60%)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Salinomicina (12%)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Bacitracina de zinco (15%)	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Fitase	0,000	0,008	0,008	0,008	0,008
Carbonato de potássio	0,000	0,000	0,072	0,142	0,212
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Energia e nutrientes	Composição calculada				
Proteína bruta (%)	20	20	19	18	17
Energia metabolizável (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050
Cálcio (%)	0,851	0,552	0,550	0,550	0,550
Fósforo disponível (%)	0,426	0,275	0,274	0,275	0,276
Sódio (%)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
Lisina (%)	1,109	1,110	1,110	1,110	1,110
Metionina+cistina (%)	0,793	0,793	0,793	0,792	0,793
Triptofano	0,219	0,219	0,205	0,192	0,183
Treonina (%)	0,722	0,722	0,721	0,721	0,721
Arginina (%)	1,267	1,262	1,186	1,165	1,165
Glicina + serina (%)	1,834	1,833	1,775	1,775	1,775
Isoleucina (%)	0,789	0,787	0,742	0,732	0,732
Valina (%)	0,851	0,850	0,843	0,843	0,843
Leucina (%)	1,670	1,678	1,618	1,556	1,494
Histidina (%)	0,514	0,515	0,492	0,468	0,444
Potássio (%)	0,928	0,928	0,880	0,833	0,785
Fenilalanina + tirosina (%)	1,565	1,565	1,485	1,406	1,326
Fenilalanina (%)	0,740	0,739	0,740	0,740	0,740
Cloro (%)	0,333	0,334	0,334	0,334	0,334
Balanco eletrolítico (mEq/kg) <sup>3</sup>	186	186	186	186	186

<sup>1</sup> Fornecimento por kg de produto: vit. A - 12.500.000 UI; vit. D3 - 5.760.000 UI; vit. E - 150.000 mg; vit. K3 - 4.000 mg; vit. B1 - 3.000 mg; vit. B2 - 9.000 mg; vit. B6 - 6.000 mg; vit. B12 - 40.000 mcg; biotina - 300 mg; ácido fólico - 2.000 mg; ácido nicotínico - 80.000 mg; ácido pantotênico - 18.000 mg; vit. C - 100.000 mg; selênio - 300 mg.

<sup>2</sup> Fornecimento por kg de produto: manganês - 160.000 mg; ferro - 100.000 mg; zinco - 100.000 mg; cobre - 20.000 mg; cobalto - 2.000 mg; iodo - 2.000 mg.

<sup>3</sup> O balanço eletrolítico das rações foi calculado segundo o número de Mongin (1981) - (Na + K - Cl).

diferença no balanço eletrolítico das rações com níveis reduzidos de proteína bruta. Conforme o autor, dietas com baixo conteúdo de PB normalmente são suplementadas com aminoácidos cristalinos e são formuladas com menos farelo de soja, resultando em rações com menor quantidade de potássio, pois o farelo de soja é rico em potássio. Dessa forma, rações com níveis reduzidos de proteína bruta, se comparadas com a dieta controle, resultam em dietas com menor balanço eletrolítico, um dos possíveis fatores para o

baixo desempenho dos frangos. Neste estudo, esse fator foi isolado com a suplementação de carbonato de potássio, de forma que todas as rações apresentassem mesmo balanço eletrolítico da ração controle.

Esses resultados permitem inferir que o uso de dietas com menores níveis de proteína bruta e níveis adequados de aminoácidos para suprir as necessidades, por meio dos aminoácidos sintéticos, permite às aves apresentar desempenho semelhante ao de aves alimentadas com dietas

com maiores níveis de proteína bruta, que, muitas vezes, excedem às necessidades da maioria dos aminoácidos. A redução no nível de proteína bruta, além de trazer grandes benefícios para o meio ambiente, devido à menor excreção de nitrogênio, pode ainda reduzir os custos com a alimentação.

A redução do teor proteico das rações não influenciou ( $P>0,05$ ) os rendimentos de carcaça, peito e coxa + sobrecoxa aos 35 dias de idade (Tabela 4). No entanto, as aves que receberam a ração com menor nível proteico (17%) apresentaram maior porcentagem de gordura abdominal. Resultados semelhantes foram encontrados por Gomide et al. (2007), que observaram aumento do teor de gordura abdominal quando forneceram às aves rações com níveis reduzidos de PB e suplementadas com aminoácidos.

Também Dari et al. (2005) não observaram diferença no rendimento de carcaça dos frangos. No entanto, as aves apresentaram maior porcentagem de gordura abdominal quando alimentadas com rações contendo 18,2% de PB em relação às rações com 20% PB.

O excesso de deposição de gordura na carcaça é prejudicial na produção de frango de corte, pois a gordura é vista de modo desfavorável pelo consumidor e representa

perda no rendimento se removida durante a industrialização (Leenstra, 1986).

Rações com níveis reduzidos de proteína bruta e adequadamente suplementadas com aminoácidos essenciais possuem perfil de aminoácidos mais próximo das necessidades dos animais, reduzindo o excesso de alguns aminoácidos. De acordo com Sklan & Noy (2004), aminoácidos em excesso são catabolizados e esse processo catabólico é acompanhado de gasto energético. Dessa forma, rações com o perfil de aminoácidos mais próximo às necessidades das aves promovem menor gasto de energia para catabolizar os aminoácidos em excesso. Assim, possivelmente, mais energia estará disponível para a síntese de gordura abdominal.

Outro fato que pode ter influenciado o aumento de gordura na cavidade abdominal é a menor quantidade de farelo de soja (fonte proteica) nas rações com níveis reduzidos de proteína bruta. Segundo Musharaf & Latshaw (1999), em comparação ao carboidrato e à gordura, a proteína proporciona maior incremento calórico durante o metabolismo. Incremento calórico pode ser definido como a energia produzida nos processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes. Considerando-se que a

Tabela 3 - Desempenho de frangos de corte alimentados com rações com níveis reduzidos de proteína bruta (PB), cálcio e fósforo

Ração experimental	Experimento 1 (8 a 21 dias)		
	Consumo ração (g/ave)	Ganho de peso (g/ave)	Conversão alimentar (g/g)
21% PB sem fitase (controle)	1008	725	1,39
21% PB com fitase	1004	724	1,39
20% PB com fitase	1014	721	1,41
19% PB com fitase	1027	719	1,43
18% PB com fitase	1014	721	1,41
CV (%)	2,53	1,86	2,05
		Experimento 2 (8 a 35 dias)	
20% PB sem fitase (controle)	3330	2074	1,60
20% PB com fitase	3381	2083	1,62
19% PB com fitase	3392	2079	1,63
18% PB com fitase	3400	2082	1,63
17% PB com fitase	3370	2074	1,62
CV (%)	1,49	1,64	1,45

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) pelo teste F. CV = coeficiente de variação.

Tabela 4 - Características de carcaça de frangos de corte aos 35 dias de idade alimentados com rações com níveis reduzidos de proteína bruta (PB), cálcio e fósforo

Ração experimental	Rendimento (%)			
	Carcaça	Peito	Coxa + sobrecoxa	Gordura abdominal
20% PB sem fitase (controle)	73,74a	37,22a	28,61a	1,26b
20% PB com fitase	73,61a	36,93a	29,15a	1,24b
19% PB com fitase	75,19a	36,34a	28,93a	1,35b
18% PB com fitase	74,05a	36,84a	29,02a	1,29b
17% PB com fitase	73,46a	36,45a	28,89a	1,69a
CV (%)	1,83	3,04	2,81	15,91

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem ( $P<0,05$ ) entre si pelo teste de Scott-Knott. CV = coeficiente de variação.

energia líquida é a diferença entre a energia metabolizável e o incremento calórico, quanto maior a quantidade de proteína em uma ração, menor será a energia líquida da ração. A energia líquida será usada para a manutenção e produção e o excesso será depositado na forma de gordura. Portanto, rações com menor nível de PB terão menor incremento calórico e, conseqüentemente, maior energia líquida. Esse fato pode ter sido a causa da maior porcentagem de gordura abdominal nos frangos que receberam a ração com menor teor de proteína bruta.

A porcentagem de cinzas na tibia não foi influenciada pela redução de cálcio, fósforo e proteína bruta das rações ( $P>0,05$ ), tanto aos 21 dias quanto aos 35 dias de idade (Tabela 5), e isso comprova que a redução de fósforo e de cálcio das rações não prejudicou a mineralização óssea das aves. Pode-se inferir, assim, que a enzima fitase foi efetiva

Tabela 5 - Porcentagem de cinzas na tibia de frangos com 21 e 35 dias de idade alimentados com ração com níveis reduzidos de proteína bruta (PB), cálcio e fósforo

Ração experimental	Experimento 1 (8 a 21 dias)	
	Cinzas na tibia (%)	
21% PB sem fitase (controle)	51,78	
21% PB com fitase	50,44	
20% PB com fitase	50,57	
19% PB com fitase	50,60	
18% PB com fitase	51,78	
CV (%)	1,63	
	Experimento 2 (8 a 35 dias)	
20% PB sem fitase (controle)	50,49	
20% PB com fitase	50,51	
19% PB com fitase	50,63	
18% PB com fitase	50,87	
17% PB com fitase	50,97	
CV (%)	2,68	

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) pelo teste F. CV = coeficiente de variação.

Tabela 6 - Balanço e retenção de nitrogênio de frangos de corte alimentados com rações com níveis reduzidos de proteína bruta (PB), cálcio e fósforo

Ração experimental	Experimento 3 (14 a 21 dias de idade)		
	Consumo N (mg/ave/dia)	Excreção absoluta N (mg/ave/dia)	Coeficiente retenção N (%)
21% PB sem fitase (controle)	3585a	1103a	69,09c
21% PB com fitase	3520a	1061a	69,85c
20% PB com fitase	3372a	935b	72,28b
19% PB com fitase	3155b	799c	74,66a
18% PB com fitase	3104b	788c	74,62a
CV (%)	4,64	5,45	2,18
	Experimento 4 (28 a 35 dias de idade)		
20% PB sem fitase (controle)	5374a	1953a	63,69b
20% PB com fitase	5343a	1953a	63,45b
19% PB com fitase	4837b	1675b	65,33b
18% PB com fitase	4702b	1518b	67,69a
17% PB com fitase	4529b	1474b	67,45a
CV (%)	9,11	10,85	3,13

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem ( $P<0,05$ ) entre si pelo teste de Scott-Knott. CV = coeficiente de variação.

em disponibilizar a quantidade de fósforo e cálcio dos alimentos de origem vegetal, de forma que as necessidades das aves para esses minerais fossem supridas e a mineralização óssea não prejudicada.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Cardoso Júnior et al. (2010), que concluíram ser possível reduzir o nível de fósforo disponível em 0,15 e o de cálcio em 0,30 ponto percentual em relação à ração controle, mantendo-se a relação cálcio:fósforo disponível em 2:1 em rações suplementadas com fitase sem afetar a porcentagem de cinzas na tibia.

Também Viveros et al. (2002) constataram que a suplementação de fitase em dietas com baixo fósforo disponível aumentou significativamente as cinzas na tibia em 5,1%. Esse aumento foi relatado por vários autores que trabalharam com frangos e constitui boa indicação de mineralização de ossos (Ahmad et al., 2000; Leeson et al., 2000). O melhoramento na porcentagem de cinzas na tibia pode ser relacionado ao aumento da retenção de cálcio, fósforo, magnésio e zinco do complexo fítico-mineral pela adição de fitase.

Considerando que a porcentagem de cinzas na tibia é um bom indicador de mineralização óssea, os resultados sugerem que a formulação de rações utilizando níveis reduzidos de fósforo disponível e cálcio não prejudica essa variável quando as rações são suplementadas com fitase.

Na fase de 14 a 21 dias, houve diferença ( $P<0,05$ ) no consumo de nitrogênio (Tabela 6). As aves que consumiram rações com níveis reduzidos de proteína bruta em dois e três pontos percentuais em relação à ração controle reduziram o consumo de nitrogênio em 12 e 13,4%, respectivamente. No entanto, aquelas que consumiram ração com o nível proteico reduzido em apenas um ponto percentual tiveram

o consumo semelhante às aves que consumiram ração controle.

A redução no consumo de nitrogênio diminuiu a excreção deste nutriente (Tabela 6). As aves que receberam rações com 20, 19 e 18% de PB excretaram 15, 27 e 28% menos nitrogênio, respectivamente, em relação àquelas que consumiram a ração controle (21% PB). Essa observação está em consonância com as de Cauwenberghe & Burnham (2001) de que é possível reduzir em 10% a 15% a excreção de nitrogênio em aves que consumiram rações com PB reduzida suplementadas com aminoácidos e que uma redução de 1% no teor de PB da dieta diminuiu a excreção de nitrogênio em 10%.

Da mesma forma, avaliando a excreção de nitrogênio de frangos de corte na fase inicial, Faria Filho et al. (2005) observaram que dietas com 20 e 18,5% de PB diminuíram a excreção de nitrogênio em 11,6 e 21,7%, respectivamente, em comparação à dieta controle com 21,5% de PB, representando aproximadamente 7% a menos na excreção de nitrogênio por unidade percentual reduzida na proteína bruta da dieta.

O coeficiente de retenção de nitrogênio foi maior ( $P<0,05$ ) e melhor quando as aves consumiram rações com níveis reduzidos de proteína bruta (Tabela 6). As aves que receberam rações com níveis reduzidos de PB apresentaram melhora de 25% no coeficiente de retenção se comparadas àquelas que consumiram as rações com níveis normais de proteína bruta (controle).

Resultados semelhantes foram encontrados por Kerr & Kidd (1999), que avaliaram o efeito de quatro dietas com diferentes níveis de proteína bruta (19,4; 18,2; e 18,2% + treonina; 16,7 e 16,7% + treonina, isoleucina, triptofano e valina) e verificaram que as aves que consumiram a dieta com 18,2% de PB foram mais eficientes na retenção de nitrogênio dietético (74,69%) que aquelas alimentadas com a dieta controle (64,27%).

A enzima fitase, supostamente, não contribuiu para o aumento da retenção e balanço de nitrogênio, pois não houve diferença significativa entre as duas rações com 21% de proteína com e sem fitase. Diversos pesquisadores relataram o efeito da fitase aumentando a disponibilidade do fósforo fítico de ingredientes vegetais para aves (Viveros et al., 2002; Santos et al., 2008; Silva et al., 2008). Entretanto, os dados relativos à atividade da fitase sobre a disponibilidade de outros nutrientes os dados são inconsistentes, indicando a necessidade de mais investigações sobre o assunto.

No período de 28 a 35 dias, houve diferença ( $P<0,05$ ) entre os níveis de proteína bruta avaliados para o consumo, excreção e retenção de nitrogênio (Tabela 6). As aves que

receberam rações formuladas com níveis reduzidos de proteína bruta consumiram menos nitrogênio se comparadas àquelas que receberam ração com 20% de PB. Apesar de estatisticamente iguais, as aves que consumiram rações com 19, 18 e 17% de proteína bruta consumiram 10, 12,5 e 15,7%, respectivamente, menos nitrogênio que aquelas que consumiram a dieta controle e excretaram 14, 22 e 24,5% menos nitrogênio, respectivamente, em relação às aves que consumiram a ração controle (20% PB).

Esses resultados confirmam que a redução da ingestão de nitrogênio é uma maneira eficaz de reduzir a excreção de nitrogênio. A redução da proteína bruta da dieta com a adição de aminoácidos sintéticos tem sido uma maneira efetiva para reduzir a excreção de nitrogênio sem afetar o desempenho das aves.

O coeficiente de retenção de nitrogênio foi maior ( $P<0,05$ ) e melhor quando as aves consumiram rações com níveis reduzidos de proteína bruta. As aves que receberam rações com níveis reduzidos de PB apresentaram melhora de 6% no coeficiente de retenção se comparadas àquelas que consumiram as rações com níveis normais de proteína bruta (controle).

Semelhantemente à fase anterior, a enzima fitase parece não ter contribuído para o aumento da retenção de nitrogênio, pois não houve diferença significativa entre as duas rações com 20% de proteína com e sem fitase. Esses resultados confirmam os encontrados na fase anterior e sugerem mais uma vez que rações formuladas com níveis reduzidos de proteína bruta reduzem o consumo, a excreção e aumentam o coeficiente de retenção de nitrogênio.

Tanto para a fase de 14 a 21 dias quanto para a fase de 28 a 35 dias de idade, o consumo de fósforo foi menor ( $P<0,05$ ) quando as aves receberam rações com níveis reduzidos de fósforo (Tabela 7). Este fato já era esperado, pois o nível de fósforo disponível das rações suplementadas com fitase foi reduzido em 0,15 ponto percentual em relação à ração controle.

Dessa forma, também houve redução na excreção de fósforo, demonstrando que a adição de fitase nas rações com a consequente redução da quantidade de fosfato bicálcico das rações é uma maneira efetiva de reduzir a excreção de fósforo para o meio ambiente sem afetar o desempenho das aves.

A ração com maior nível de fósforo disponível (controle) promoveu a maior excreção desse elemento. Acredita-se que a maior parte do fósforo excretada estava na forma de fósforo fítico, ou seja, o fósforo dos ingredientes da ração que a ave não conseguiu aproveitar. Assim, pode-se inferir que a enzima fitase melhora a disponibilidade de fósforo dos alimentos e, conseqüentemente, reduz sua excreção.

Tabela 7 - Balanço e retenção de fósforo de frangos de corte alimentados com rações com níveis reduzidos de proteína bruta (PB), cálcio e fósforo

Ração experimental	Experimento 3 (14 a 21 dias de idade)		
	Consumo P (mg/ave/dia)	Excreção absoluta P (mg/ave/dia)	Coefficiente retenção P (%)
21% PB sem fitase (controle)	679a	365a	45,98b
21% PB com fitase	559b	217b	61,22a
20% PB com fitase	544b	216b	60,29a
19% PB com fitase	518b	202b	60,92a
18% PB com fitase	523b	199b	61,85a
CV (%)	5,81	5,76	4,00
	Experimento 4 (28 a 35 dias de idade)		
20% PB sem fitase (controle)	1085a	671a	38,23b
20% PB com fitase	880b	475b	45,99a
19% PB com fitase	829b	450b	45,94a
18% PB com fitase	829b	422b	49,00a
17% PB com fitase	844b	439b	47,95a
CV (%)	9,08	11,86	6,80

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem ( $P < 0,05$ ) entre si pelo teste de Scott-Knott. CV = coeficiente de variação.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Silva et al. (2008) e Gomide et al. (2011), que também observaram redução no consumo e na excreção de fósforo quando as rações são formuladas com menores níveis de fósforo disponível e suplementadas com fitase.

O coeficiente de retenção foi maior ( $P < 0,05$ ) quando as aves receberam ração com nível reduzido de fósforo disponível suplementada com fitase. As aves que consumiram rações suplementadas com fitase e com menor quantidade de fosfato bicálcico na dieta aproveitaram mais o fósforo contido nos alimentos da ração que aquelas que consumiram ração sem fitase. Este fato já era esperado, visto que a maior parte do fósforo contido nos ingredientes de origem vegetal da ração (milho e farelo de soja) é pouco utilizada pelas aves, resultando em maior quantidade de fósforo excretado.

Desta forma, a utilização de fitase nessas rações melhorou o coeficiente de retenção do fósforo em média 32,8% (na fase de 14 a 21 dias) e 23,5% (na fase de 28 a 35 dias de idade) quando comparados à ração controle.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (2008), que observaram que as aves que receberam ração com 17% de PB e 0,34% de fósforo disponível apresentaram melhora numérica de 11,2% no coeficiente de retenção do fósforo em relação ao controle e apresentaram redução de mais de 50% na excreção relativa de fósforo. Os resultados estão em consonância também com os relatos de Wu et al. (2006) e Plumstead et al. (2007) de que a suplementação das dietas com fitase permite reduzir os níveis de fósforo total das dietas, aumenta o fósforo retido e reduz sua excreção para o meio ambiente. Diversos pesquisadores relataram em seus estudos o efeito da fitase aumentando a disponibilidade do fósforo fítico de ingredientes vegetais para aves (Lan et al., 2002; Gomide et al., 2011).

A melhora na digestibilidade e no aproveitamento do fósforo é esperada porque a fitase hidrolisa o complexo fitato-mineral, deixando o fósforo livre para absorção diminuindo a sua excreção. A redução nos níveis de fósforo das excretas e a maior utilização do fósforo dos alimentos de origem vegetal são extremamente benéficas para o meio ambiente, principalmente em regiões com intensa atividade avícola.

## Conclusões

É possível reduzir o nível proteico das rações em até três pontos percentuais na fase de 8 a 21 e 8 a 35 dias de idade e o nível de fósforo disponível e cálcio em 0,15 e 0,30 ponto percentual, respectivamente, sem prejudicar o desempenho e a mineralização óssea dos frangos de corte, com suplementação de aminoácidos e fitase. Todavia, a redução de três pontos percentuais no nível proteico das rações aumenta a porcentagem de gordura abdominal dos frangos aos 35 dias de idade. Essa redução promove a redução da excreção de nitrogênio e fósforo.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo financiamento do projeto, à FAPEMIG pelo suporte financeiro por meio do Programa Pesquisador Mineiro e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA).

## Referências

- AFTAB, U.; ASHRAF, M.; JIANG, Z. Low protein diets for broilers. *World's Poultry Science Journal*, v.62, n.4, p.688-701, 2006.  
 AHMAD, T.; RASOOL, S.; SARWAR, M. et al. Effect of microbial phytase produced from fungus *Aspergillus* on bioavailability of

- phosphorus and calcium in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.83, p.103-114, 2000.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 15.ed. v.1, 1990. 1298p.
- 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.
- CAUWENBERGHE, S.V.; BURNHAM, D. New developments in amino acid protein nutrition of poultry, as related to optimal performance and reduced nitrogen excretion. In: EUROPEAN SYMPOSIUM OF POULTRY NUTRITION, 13., 2001, Blankenberge, Belgium. **Proceedings...** Blankenberge, Belgium, 2001. p.141-149.
- CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, v.62, n.1, p.5-15, 2006.
- DARI, R.L.; PENZ, A.M.; KESSLER, A.M. et al. Use of digestible amino acids and the concept of ideal protein in feed formulation for broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.14, n.2, p.195-203, 2005.
- FARIA FILHO, D.E.; ROSA, P.S.; VIEIRA, B.S. et al. Protein levels and environmental temperature effects on carcass characteristics, performance, and nitrogen excretion of broiler chickens from 7 to 21 days of age. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, n.4, p.247-253, 2005.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.
- GOMIDE, E.M.; RODRIGUES, P.B.; ZANGERONIMO, M.G. et al. Nitrogen, potassium and phosphorus, balance of broilers fed diets with phytase and crystalline amino acids. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.3, p.591-597, 2011.
- GOMIDE, E.M.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Planos nutricionais com a utilização de aminoácidos e fitase para frangos de corte mantendo o conceito de proteína ideal nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1769-1774, 2007.
- KERR B.J.; KIDD, M.T. Amino acid supplementation of low-protein broiler diets 2. Formulation on an ideal amino acid basis. **Journal of Applied Poultry Research**, v.8, n.3, p.310-320, 1999.
- LAN, G.Q.; ABUDULLAH, N.; JALALUDIN, S. et al. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, v.81, n.10, p.1522-1532, 2002.
- LEENSTRA, F.R. Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chickens: a review. **World's Poultry Science Journal**, v.42, p.12-25, 1986.
- LEESON, S.; NAMKUNG, H.; COTTRILL, M. et al. Efficacy of new bacterial phytase in poultry diets. **Canadian Journal Animal Science**, v.80, n.3, p.527-528, 2000.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. **Procedure Nutrition Society**, v.40, p.285-294, 1981.
- MUSHARAF, N.A.; LATSHAW, J.D. Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v.55, p.233-240, 1999.
- NAGATA, A.K.; RODRIGUES, P.B.; RODRIGUES, K.F. et al. Uso do conceito de proteína ideal em rações com diferentes níveis energéticos, suplementadas com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.2, p.599-605, 2009.
- NELSON, T.S. The utilization of phytate phosphorus by poultry - A review. **Poultry Science**, v.46, n.4, p.862-871, 1967.
- PLUMSTEAD, P.W.; ROMERO-SANCHEZ, H.; MAGUIRE, R.O. et al. Effects of phosphorus level and phytase in broiler breeder rearing and laying diets on live performance and phosphorus excretion. **Poultry Science**, v.86, p.225-231, 2007.
- RODRIGUES, P.B.; MARTINEZ, R.S.; FREITAS, R.T.F. et al. Influência do tempo de coleta e metodologias sobre a digestibilidade e o valor energético de rações para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.882-889, 2005.
- RODRIGUES, K.F.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Relação lisina digestível:proteína bruta em dietas para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e metabolismo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.450-457, 2008a.
- RODRIGUES, K.F.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade alimentados com dietas contendo diferentes relações lisina digestível:proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.645-652, 2008b.
- 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: UFV, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; BUNZEN, S.; SAKOMURA, N.K. et al. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.295-304, 2007 (supl. especial).
- RUTHERFURD, S.M.; CHUNG, T.K.; MOREL, P.C.H. et al. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytase phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. **Poultry Science**, v.83, n.1, p.61-68, 2004.
- SANTOS, F.R.; HURBY, M.; PIERSON, E.E.M. et al. Effect of phytase supplementation in diets on nutrient digestibility and performance in broiler chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, v.17, n.2, p.191-201, 2008.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, Y.L.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Níveis de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte, na fase de 14 a 21 dias de idade: 2. Valores energéticos e digestibilidade de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.469-477, 2008.
- 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.
- SKLAN, D.; NOY, Y. Catabolism and deposition of amino acids in growing chicks: effect of dietary supply. **Poultry Science**, v.83, p.952-961, 2004.
- VIDAL, T.Z.B.; VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O. et al. Efeito de diferentes níveis de proteína bruta e suplementação de L-glicina sobre o desempenho de frangos de corte machos de um a 21 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá, 2009. (CD-ROM).
- VIVEROS, A.; BRENES, A.; ARIJA, I. et al. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. **Poultry Science**, v.81, n.8, p.1172-1183, 2002.
- WU, G.; LIU, Z.; BRYANT, M.M. et al. Comparison of natuphos and phyzyme as phytase sources for commercial layers fed corn-soy diet. **Poultry Science**, v.85, p.64-79, 2006.