



## Aproveitamento de nutrientes e de energia da ração de codornas japonesas em postura com o uso de fitase

Heder José D'Avila Lima<sup>1</sup>, Sergio Luiz de Toledo Barreto<sup>2</sup>, Luiz Fernando Teixeira Albino<sup>2</sup>, Diane Santos Melo<sup>3</sup>, Mellina de Abreu Ballod<sup>3</sup>, Rodrigo Lopes de Almeida<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutorando em Zootecnia - Universidade Federal de Viçosa.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa - Departamento de Zootecnia, s/n - Campus Universitário - Viçosa - MG.

<sup>3</sup> Graduação em Zootecnia - Universidade Federal de Viçosa.

**RESUMO** - O experimento foi realizado para avaliar o efeito da adição de fitase no aproveitamento dos ingredientes da ração para codornas. Foram utilizadas 200 codornas japonesas fêmeas com 251 dias de idade, peso médio de  $187,2 \pm 6,0$  g e taxa de produção de ovos de 84,8%, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com quatro dietas experimentais e cinco repetições de dez aves por unidade experimental. As dietas experimentais consistiram de uma ração basal à base de milho e farelo de soja, formulada para atender às exigências nutricionais das codornas e às recomendações da matriz da fitase, suplementada com 0, 200, 400 ou 600 unidades de fitase (UF/kg). Utilizando-se o método de coleta total de excretas, foram determinados os valores de matéria seca ingerida, matéria seca excretada, energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pela retenção de nitrogênio (EMAn) e os coeficientes de metabolizabilidade da energia corrigida ou não pelo balanço de nitrogênio. Foi calculada também a quantidade de fósforo, cálcio e nitrogênio retido por ave/dia. De maneira geral, houve melhora no aproveitamento da energia das rações com a suplementação de fitase. Os níveis de 195 e 186 UF/kg resultaram em maior aproveitamento da EMA e EMAn. Não houve diferença na retenção de fósforo e cálcio. O nível de 600 (UF/kg) promove menor excreção de nitrogênio, porém o de 368 UF/kg é suficiente para máxima retenção de nitrogênio pelas codornas.

Palavras-chave: enzima, fósforo, metabolismo, nitrogênio, nutrição de codornas

## Nutrient and energy utilization from the feedings of laying Japanese quails by using phytase

**ABSTRACT** - This experiment was conducted to evaluate the effect of phytase addition on the use of feeding ingredients for laying quails. It was used 200 female Japanese quails at 251 days of age at an average weight of  $187.2 \pm 6.0$  g and egg production rate of 84.8%. The quails were distributed in a complete random design with four experimental diets and five repetitions of ten birds per experimental unity. The experimental diets were consisted of corn and soybean meal based feedings formulated in order to meet the nutritional requirements of the quails and to the recommendations of phytase matrix supplemented with 0, 200, 400 or 600 phytase units (PU/kg). By using the method of total excreta collection, it was determined the values of ingested dry matter, excreted dry matter, apparent metabolizable energy (AME), apparent metabolizable energy corrected by nitrogen retention (AMEn), and the coefficients of energy metabolizability corrected or not by nitrogen balance. It was also calculated the quantities of phosphorus, calcium, and nitrogen retained by bird/day. In general, there was an improvement on the use of energy from feeding with phytase supplementation. Levels of 195 and 186 PU/kg resulted in a better use of AME and AMEn. There was no difference on retention of phosphorus and calcium. Level of 600 (PU/kg) promotes the lowest nitrogen excretion, however, 368 PU/kg is enough for a maximal retention of nitrogen by the quails.

Key Words: enzyme, metabolism, nitrogen, phosphorus, quails nutrition

### Introdução

O ácido fítico ocorre naturalmente em complexos orgânicos de plantas. Na semente dos vegetais, esse composto tem a função de servir de estoque de fósforo (P)

e outros minerais, além de energia, que são liberados pela ação da fitase endógena da planta à medida que ocorre a germinação (Borges, 1997).

Na dieta de aves, o fitato é um antinutriente cujos efeitos vão além da influência sobre a solubilidade de P,

tendo capacidade de afetar a dinâmica de secreção e absorção no trato gastrointestinal (Ravindran et al., 1999).

A ingestão de ácido fítico pode influenciar negativamente a excreção de aminoácidos, energia e minerais em frangos de corte (Cowieson et al., 2008). O ácido fítico pode formar uma ampla variedade de sais insolúveis com cátions di e trivalentes, tais como cálcio (Ca), zinco, cobre, cobalto, manganês, ferro e magnésio, influenciando negativamente a digestão de nutrientes e diminuindo a energia metabolizável da ração (Keshavarz, 1999).

A fitase foi inicialmente comercializada para melhorar a retenção de P da dieta. Contudo, o seu efeito extrafosfórico está sendo cada vez mais demonstrado na literatura científica. Os resultados obtidos com o uso de fitase geraram uma série de técnicas práticas na alimentação de aves, como o uso de equivalências de P e Ca e a utilização de matrizes enzimáticas com valorização da energia metabolizável, da proteína bruta e dos aminoácidos (Nagashiro, 2007).

Assim, a utilização de enzimas como a fitase na formulação de rações para codornas japonesas também poderia proporcionar respostas positivas na digestibilidade ou na eficiência de utilização dos alimentos.

Objetivou-se avaliar o efeito da suplementação de fitase sobre o aproveitamento de aminoácidos, minerais (cálcio e fósforo) e de energia da ração de codornas japonesas em postura.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) no período de 25 de novembro a 04 de dezembro de 2007.

Foram utilizadas 200 codornas fêmeas da subespécie japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) com 251 dias de idade, peso de  $187,2 \pm 6,0$  g e taxa de produção de ovos de 84,8%.

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com quatro dietas e cinco repetições de dez aves por unidade experimental. As dietas experimentais utilizadas foram formuladas a partir de uma ração basal e continham 0, 200, 400 ou 600 UF/kg.

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado dispostas em baterias, sendo cada bateria composta por cinco gaiolas, com as dimensões de 96 cm  $\times$  37 cm  $\times$  16 cm (largura  $\times$  profundidade  $\times$  altura), tendo uma gaiola por andar e três divisórias por gaiola, e constituindo, assim, a unidade experimental. Foram alojadas dez aves por divisória proporcionando 118,4 cm<sup>2</sup>/ave. Sob o piso das gaiolas,

colocou-se uma bandeja de chapa metálica galvanizada, encapada com plástico, para o recolhimento das excretas. As gaiolas foram equipadas com comedouros e bebedouros do tipo calha, ambos colocados percorrendo toda a extensão da gaiola, sendo o comedouro posicionado na parte frontal e o bebedouro, na parte posterior. Cada comedouro foi equipado com duas divisórias em madeira, coincidindo com a largura de cada unidade experimental.

As baterias foram instaladas em sala, sendo as temperaturas máximas e mínimas registradas uma vez ao dia (16h00) e a temperatura média e a umidade relativa do ar registradas duas vezes ao dia (08h00 e 16h00). As temperaturas máximas e mínimas foram de  $27,5 \pm 0,9$  e  $20,2 \pm 0,8$ , a temperatura média do ar foi de  $24,05 \pm 2,1$  e a umidade relativa do ar, de  $84,3 \pm 5,3$ . Como programa de iluminação, adotou-se um fotoperíodo natural mais artificial de 17 horas.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas à base de milho e farelo de soja, conforme as exigências nutricionais das aves preconizadas no NRC (1994), exceto

Tabela 1 - Composição em ingredientes e nutricional das rações experimentais, na base da matéria natural

Ingrediente (%)	Nível de fitase (uf/kg)			
	0	200	400	600
Milho moído	61,270	61,270	61,270	61,270
Farelo de soja (45,0%)	30,000	30,000	30,000	30,000
Calcário	7,410	7,410	7,410	7,410
Fosfato bicálcico	0,150	0,150	0,150	0,150
Sal comum	0,320	0,320	0,320	0,320
Mistura mineral <sup>1</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
Mistura vitamínica <sup>2</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
DL-Mmtionina (98,2%)	0,270	0,270	0,270	0,270
L-lisina HCl (78,8%)	0,220	0,220	0,220	0,220
Antioxidante <sup>3</sup>	0,010	0,010	0,010	0,010
Cloreto de colina (60,0%)	0,100	0,100	0,100	0,100
Amido	0,100	0,092	0,084	0,076
Composição calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg)	2755	2755	2755	2755
Proteína bruta (%)	18,95	18,95	18,95	18,95
Lisina digestível (%)	1,070	1,070	1,070	1,070
Metionina + cistina digestível (%)	0,854	0,854	0,854	0,854
Triptofano digestível (%)	0,226	0,226	0,226	0,226
Treonina digestível (%)	0,563	0,563	0,563	0,563
Cálcio (%)	2,980	2,980	2,980	2,980
Fósforo disponível (%)	0,130	0,130	0,130	0,130
Fósforo total (%)	0,330	0,330	0,330	0,330
Sódio (%)	0,145	0,145	0,145	0,145
Fibra bruta (%)	2,690	2,690	2,690	2,690

<sup>1</sup> Composição/kg de produto: Mn - 160 g; Fe - 100 g; Zn - 100 g; Cu - 20 g; Co - 2 g; I - 2 g; excipiente q.s.p. - 1.000 g.

<sup>2</sup> Composição/kg de produto: vit. A - 12.000.000 U.I.; vit. D<sub>3</sub> - 3.600.000 U.I.; vit. E - 3.500 U.I.; vit. B<sub>1</sub> - 2.500 mg; vit. B<sub>2</sub> - 8.000 mg; vit. B<sub>6</sub> - 5.000 mg; ácido pantotênico - 12.000 mg; biotina - 200 mg; vit. K - 3.000 mg; ácido fólico - 1.500 mg; ácido nicotínico - 40.000 mg; vit. B<sub>12</sub> - 20.000 mg; Se - 150 mg; veículo q.s.p. - 1.000 g.

<sup>3</sup> Butil-hidróxi-tolueno.

para as exigências de lisina, metionina + cistina, treonina e de triptofano digestíveis, em que foram utilizadas as determinadas por Pinto et al. (2003), Umigi et al. (2008) e Pinheiro et al. (2008), respectivamente; a de cálcio, determinada por Barreto et al. (2007), a de fósforo disponível, determinada por Costa et al. (2007), e a de energia metabolizável, determinada por Moura et al. (2008), mantendo a mesma relação entre energia metabolizável e nutrientes. Assim, as exigências nutricionais adotadas foram: 2.800 kcal/kg de energia metabolizável, 19,31% de proteína bruta, 1,08% de lisina digestível, 0,864% de metionina + cistina digestível, 0,226% de triptofano digestível, 0,593% de treonina digestível, 3,09% de cálcio, 0,30% de P disponível e 0,145% de sódio. A partir das exigências nutricionais, foi formulada a ração basal com reduções de 0,36% de proteína bruta, 0,115% de cálcio, 45 kcal de energia metabolizável, 0,01% de lisina, 0,015% de aminoácidos sulfurados, 0,03% de treonina e adotando-se um nível de 0,13% de P disponível, correspondente a 43% da exigência desse mineral. Os níveis de redução foram baseados na matriz nutricional da fitase para galinhas poedeiras. A composição química e os valores nutricionais dos ingredientes utilizados para a formulação das rações foram os recomendados por Rostagno et al. (2005).

As rações e água foram fornecidas à vontade e o arraçoamento foi feito duas vezes ao dia, às 8 h e às 16 h.

O período experimental foi de 10 dias, sendo cinco dias para adaptação dos animais às baterias e cinco dias para a coleta de excretas.

No período de 255 a 260 dias de idade das codornas, foi feita a coleta total de excretas para posteriormente determinar os valores de energia metabolizável das rações. As coletas de excretas foram feitas duas vezes ao dia com intervalos de 12 horas entre cada uma. As excretas coletadas foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificados, pesadas e armazenadas em *freezer* até o final do período de coleta.

Posteriormente, as excretas foram acondicionadas em bandejas plásticas, sendo pesadas, homogeneizadas e retiradas alíquotas, que foram colocadas em estufa de circulação de ar à temperatura de 60°C por 72 horas para a pré-secagem. Foram realizadas as análises de matéria seca, nitrogênio, energia bruta, fósforo e cálcio. Todas as análises foram realizadas em duplicatas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Ao término do experimento, determinou-se a quantidade de ração consumida por unidade experimental, durante os cinco dias de coleta.

Uma vez obtidos os resultados de análises laboratoriais das rações e das excretas, foram calculados os valores de matéria seca ingerida (MSI), matéria seca excretada (MSE), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pela retenção de nitrogênio (EMAn), utilizando-se as equações propostas por Matterson et al. (1965). Calcularam-se ainda os coeficientes de metabolizabilidade da energia (CMEMA) e da energia corrigida pelo balanço de nitrogênio (CMEMAn), determinados pela razão da EMA e EMAn pela energia bruta, com os valores expressos em porcentagem. Foi calculada também a quantidade de fósforo, cálcio e nitrogênio retido por ave/dia.

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade utilizando-se o Programa SAEG – Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2007). Posteriormente, os efeitos dos níveis de fitase foram estimados por meio de análise das variáveis pelos modelos de regressão linear, quadrática e *Linear Response Plateau*, conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável e considerando o comportamento biológico das aves.

## Resultados e Discussão

Na fase adulta, a faixa de conforto térmico ou zona termoneutra das codornas está compreendida entre 18 e 22°C e a umidade relativa do ar, entre 65 e 70% (Oliveira, 2004). Dessa forma, conforme os valores registrados para temperatura média do ar e umidade relativa do ar, observou-se que durante o experimento as codornas ficaram submetidas a períodos de estresse por calor.

Os níveis de fitase na ração não influenciaram ( $P>0,05$ ) a ingestão (MSI) e a excreção de matéria seca (MSE) pelas codornas. Houve efeito ( $P<0,05$ ) dos níveis de fitase sobre os valores de EMA e EMAn das rações, que aumentaram até os níveis respectivos de 195 e 186 UF/kg, a partir dos quais os dados permaneceram em um platô, estimado pelo modelo *Linear Response Plateau* (LRP), conforme demonstrado nas equações:  $EMA - \hat{Y} = 3065,675 + 1,615X; r^2 = 0,99$ ;  $\hat{Y} = 3243,9043$  e  $EMAn - \hat{Y} = 2971,1321 + 1,303X; r^2 = 0,99$ ;  $\hat{Y} = 3083,8984$  (Tabela 2). Esses resultados confirmam os encontrados por Remus (2007). Segundo esse autor, a fitase tem se demonstrado eficiente em aumentar o valor de energia metabolizável dos ingredientes das rações.

Dourado et al. (2007) verificaram que a fitase proporcionou o maior incremento na energia metabolizável verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMVn) do milho quando comparada com outras enzimas em dietas de galos,

Tabela 2 - Matéria seca ingerida e excretada, energia metabolizável e coeficiente de metabolizabilidade determinados em codornas japonesas em postura alimentadas com rações contendo fitase

Parâmetro	Nível de fitase (uf/kg)				
	0	200	400	600	CV (%)
Matéria seca ingerida <sup>ns</sup> (g/ave/dia)	23,0	21,0	22,0	22,0	6,26
Matéria seca excretada <sup>ns</sup> (g/ave/dia)	6,3	5,9	6,1	6,0	7,38
EMA <sup>1</sup> (kcal/kg MS)	3065	3252	3227	3260	6,30
EMAn <sup>1</sup> (kcal/kg MS)	2971	3101	3076	3090	5,22
CMEMA <sup>ns</sup> (%)	81,86	86,80	86,19	87,06	3,80
CMEMAn <sup>ns</sup> (%)	79,35	82,83	82,15	82,53	3,57

<sup>1</sup> LRP (P<0,05).

<sup>ns</sup> Não-significativo (P>0,05).

EMA – energia metabolizável aparente.

EMAn – energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio.

CMEMA – coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente.

CMEMAn – coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio.

na qual foi observada uma melhora de 95 kcal/kg na EMVn com a adição de fitase.

Os mecanismos que descrevem os efeitos da enzima sobre a utilização de energia são desconhecidos. No entanto, sabe-se que a melhora na digestibilidade das proteínas é, em parte, responsável pelo aumento da energia disponível. A fitase promove aumento na utilização de energia, independentemente dos efeitos sobre a digestão de aminoácidos. Isso possivelmente ocorre devido aos minerais complexados com o ácido fítico formarem, no trato digestório, juntamente com os lipídeos, reações de saponificação, prejudicando a utilização de lipídeos (Ravindran et al., 2000). A enzima fitase age liberando o complexo fitato-mineral e impedindo tais reações, o que possibilita melhor utilização da energia derivada dos lipídeos.

Não foi observado efeito (P>0,05) para coeficiente de metabolizabilidade da energia e para coeficiente de metabolizabilidade da energia corrigida pelo balanço de nitrogênio, contudo, em termos absolutos, pode-se observar melhora nesses coeficientes com o aumento nos níveis de suplementação de fitase. Albino et al. (2008) observaram que a adição de fitase proporcionou aumento no coeficiente

de metabolizabilidade da energia e no coeficiente de metabolizabilidade da energia corrigida pelo balanço de nitrogênio, sendo análogo aos valores obtidos para as galinhas poedeiras alimentadas com ração sem redução da inclusão de fósforo.

Foi constatado efeito (P<0,01) sobre o nitrogênio retido até o nível de 368 (UF/kg), estimado pelo LRP, em conformidade com a equação  $\hat{Y} = 0,2152 + 0,0001X$ ;  $r^2 = 0,99$ ;  $\hat{Y} = 0,2530$ . Para o N excretado houve redução linear (P<0,05) segundo a equação  $\hat{Y} = 0,538107 - 0,0000954206X$  ( $r^2 = 0,68$ ) (Tabela 3). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Lora et al. (2008), que constataram aumento na retenção e diminuição na excreção de nitrogênio com a utilização de fitase nas rações de frango de corte. Entretanto, Ligeiro et al. (2007) observaram ausência de efeito dos níveis de fitase para a excreção e a retenção de N em galinhas poedeiras.

Estudos recentes esclareceram os mecanismos pelos quais a fitase influencia a digestibilidade aparente de aminoácidos, energia e minerais, e acredita-se que grande parte dessas melhorias, especialmente os efeitos sobre a proteína, esteja relacionada à redução dos efeitos do

Tabela 3 - Balanço de nitrogênio, fósforo e cálcio determinado em codornas japonesas em postura alimentadas com rações contendo fitase

Item	Nível de fitase (uf/kg)				
	0	200	400	600	CV (%)
Nitrogênio retido <sup>1</sup> (g/ave/dia)	0,215	0,236	0,256	0,253	9,62
Nitrogênio excretado <sup>2</sup> (g/ave/dia)	0,554	0,496	0,496	0,490	8,31
Cálcio retido <sup>ns</sup> (g/ave/dia)	0,328	0,324	0,346	0,324	8,82
Fósforo ingerido <sup>ns</sup> (mg/ave/dia)	87,46	83,19	85,89	85,12	5,66
Fósforo excretado <sup>ns</sup> (mg/ave/dia)	55,42	55,75	56,11	53,16	8,35
Fósforo retido <sup>ns</sup> (mg/ave/dia)	32,04	28,44	29,78	31,96	7,37
Fósforo retido <sup>ns</sup> (%)	36,83	37,37	35,25	37,22	6,37

<sup>1</sup> LRP (P<0,01).

<sup>2</sup> Efeito linear (P<0,05).

<sup>ns</sup> Não-significativo (P>0,05).



fitato sobre as perdas endógenas de aminoácidos (Cowieson et al., 2008).

O fitato pode comprometer a absorção intestinal de aminoácidos dietéticos e endógenos por interferir em sistemas de transporte dependentes de sódio (Na) (Glynn, 1993). Pesquisas de Selle & Ravindran (2007) e Ravindran et al. (2008) sustentam a proposta de que o fitato impede a absorção intestinal de aminoácidos, o que pode estar relacionado à depleção de sódio.

As cargas negativas da molécula de ácido fítico reagem com as cargas positivas de alguns aminoácidos, tais como lisina, arginina e histidina, das moléculas das proteínas, incluindo as enzimas envolvidas na digestão de proteínas, diminuindo a disponibilidade dos aminoácidos (Kornegay et al., 1996; Ravindran & Bryden, 1999; Ravindran et al., 1999; Cowieson et al., 2006).

Não foi verificado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de fitase para cálcio retido, fósforo ingerido, fósforo excretado, fósforo retido e percentual de fósforo retido. Entretanto, pesquisadores têm observado redução na excreção de fósforo com o uso de fitase nas rações (Yu & Chung, 2004), contudo essa redução se deve principalmente à diminuição do uso de fósforo inorgânico na dieta. Diferentemente do observado na presente pesquisa, Fukayama et al. (2008) constataram que a suplementação de fitase melhorou a digestibilidade do fósforo e promoveu aumento linear no aproveitamento de fósforo em rações de frango de corte.

O excesso de cálcio de alta solubilidade intestinal resulta em redução de absorção de fósforo, devido à formação de fosfatos insolúveis no intestino delgado. Sempre irá existir um nível ideal de cálcio para que se tenha máxima absorção de fósforo. Por tal razão é que são encontrados valores discrepantes de taxa de absorção ou mesmo biodisponibilidade de fontes de fósforo na literatura, devido aos fatores relacionados ao cálcio, principalmente no que se refere ao nível e solubilidade (Berstechini, 2006).

Alguns trabalhos indicam que níveis elevados de cálcio na ração reduzem a absorção de cálcio, fósforo, zinco e manganês, mesmo com a adição de fitase na dieta e com o baixo teor de fósforo; assim, além da redução da suplementação de fósforo inorgânico nas rações, há também necessidade de reduzir a suplementação de cálcio (Fukayama et al., 2008).

A relação cálcio/fósforo é importante na dieta de galinhas poedeiras e de codornas. Como a fitase também pode disponibilizar o cálcio da dieta, elevados níveis de cálcio poderiam comprometer a ação da fitase. Dessa forma, são necessárias novas pesquisas sobre a relação cálcio/fósforo e fitase na ração de codornas japonesas.

Entre os efeitos da fitase sobre o aproveitamento dos nutrientes e da energia da ração, foi demonstrado que os níveis de 195 e 186 UF/kg foram os mais indicados para maiores valores de EMA e EMAn. O nível de 600 UF/kg proporcionou menor excreção de nitrogênio, porém o de 368 UF/kg de fitase foi suficiente para máxima retenção de nitrogênio pelas codornas.

## Conclusões

A suplementação de fitase melhora o aproveitamento da energia e a retenção de nitrogênio da ração de codornas japonesas em postura, reduzindo o teor de nitrogênio das excretas. O nível de 368 uf/kg é mais indicado, por promover maior retenção de nitrogênio das rações.

## Referências

- ALBINO, L.F.T.; VIANA, M.T.S.; ROSTAGNO, H.S. et al. Efeito da suplementação da enzima fitase sobre o metabolismo de poedeiras. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Supl. 10, p.152, 2008.
- BARRETO, S.L.T.; PEREIRA, C.A.; UMIGI, R.T. et al. Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.68-78, 2007.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 301p.
- BORGES, F.M.O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da UFMG**, n.20, p.5-30, 1997.
- COSTA, C.H.R.; BARRETO, S.L.T.; MOURA, W.C.O. et al. Níveis de fósforo e cálcio em dietas para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2037-2046, 2007 (supl.).
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Phytic acid and phytase: implications for protein utilization by poultry. **Poultry Science**, v.85, n.5, p.878-885, 2006.
- COWIESON, A.J.; SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Uso de fitase e suas implicações na digestão e absorção de nutrientes. In: CONFERÊNCIA APINCO 2008 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2008, Santos. **Anais...** Santos, São Paulo: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2008. p.279-290.
- DOURADO, L.R.B.; SAKOMURA, N.K.; NASCIMENTO, D.C.M. Efeito de enzimas exógenas na disponibilidade da energia metabolizável verdadeira do milho e do farelo de soja. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, supl. 9, p.126, 2007.
- FUKAYAMA, E.H.; SAKOMURA, N.K.; DOURADO, L.R.B. et al. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.629-635, 2008.
- GLYNN, I.M. All hands to the sodium pump. **Journal Physiology**, v.462, p.1-30. 1993.
- KESHAVARZ, K. ¿Por que es necesario emplear la fitasa em la dieta de las ponedoras? **Industria Avícola**, v.46, p.13-14, 1999.
- KONERDAY, E.T.; DENBOW, D.M.; YI, Z.; RAVINDRAN, V. Response of broilers to graded levels of microbial phytase added to maize-soybean-meal based diets containing three levels of non-phytate phosphorus. **British Journal of Nutrition**, v.75, p.839-852, 1996.
- LIGEIRO, E.C.; JUNQUEIRA, O.M.; CASARTELLI, E.M. Avaliação da matriz fítica sobre o desempenho e qualidade dos ovos de

- poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo sorgo. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Supl. 9, p.46, 2007.
- LORA, A.G.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Efeito da fitase sobre a excreção e a retenção de fósforo e de nitrogênio em frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, supl. 10, p.46, 2008.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p.
- MOURA, G.S.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1628-1633, 2008.
- NAGASHIRO, C. Enzimas na nutrição de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 2007 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. 2007, Santos. **Anais...** Santos, São Paulo: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2007. p.309-327.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1994. 155p.
- OLIVEIRA, B.L. Importância do manejo na produção de ovos de codornas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COTURNICULTURA, 2., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras: Núcleo de Estudos em Ciência e Tecnologia Avícolas, 2004. p.91-96.
- PINHEIRO, S.R.F.; BARRETO, S.L.T.; ALBINO, L.F.T. et al. Efeito dos níveis de triptofano digestível em dietas para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1012-1016, 2008.
- PINTO, R.; DONZELE, J.L.; FERREIRA, A.S. et al. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1166-1173, 2003.
- RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G. et al. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. **Poultry Science**, v.78, p.699-706, 1999.
- RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. Amino acid availability in poultry - *in vitro* and *in vivo* measurements. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.889-908, 1999.
- RAVINDRAN, V.; COWIESON, A.J.; SELLE, P.H. Influence of dietary electrolyte balance and microbial phytase on growth performance, nutrient utilization, and excreta quality of broiler chickens. **Poultry Science**, v.87, p.677-688, 2008.
- RAVINDRAN, V.; SELLE, P.H.; BRYDEN, W.L. Response of broilers to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorus levels. II. Effects on nutrient digestibility and retention. **British Poultry Science**, v.41, n.2, p.193-200, 2000.
- REMUS, J. A avicultura e o meio ambiente colhem os benefícios da nova geração de fitases. **AveWorld**, n.29. p.56-62, 2007.
- 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, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science Technology**, v.135, p.1-41, 2007.
- SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.
- UMIGI, R.T.; BARRETO, S.L.T.; MESQUITA FILHO, R.M. et al. Exigência de treonina digestível para codorna japonesa em postura. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008. (CD-ROM).
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 9.1. Viçosa, MG, 2008. 142p.
- YU, B.; CHUNG, T.K. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, p.178-182, 2004.