



Biodisponibilidade relativa de fósforo em ingredientes com baixo teor de fitato determinada com base na mineralização óssea de frangos de corte

Laura Maria de Oliveira Borgatti¹, Dorinha Miriam Silber Schmidt Vitti², Tatiana Mendes Oliveira¹, Bianca Almeida Brandão Martins¹, Ricardo de Albuquerque¹, Luiz Waldemar de Oliveira Souza³

¹ Departamento de Nutrição e Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. Rua Duque de Caxias Norte, 225, Caixa Postal 23, CEP: 13630-000, Pirassununga, São Paulo.

² Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.

³ Faculdades Integradas de Ourinhos, Ourinhos, São Paulo.

RESUMO - Quatrocentos e vinte pintos de corte Cobb 500, machos de 1 dia de idade, foram distribuídos aleatoriamente em 15 tratamentos com 4 repetições, em teste utilizando baterias (7 aves/gaiola), com duração de 21 dias, para determinar a biodisponibilidade relativa de fósforo (BRP) em três ingredientes, com duas características genéticas (baixo fósforo fítico ou convencional). Utilizou-se uma dieta basal semipurificada, à base de milho e farelo de soja, adicionada de cevada convencional, cevada com baixo fósforo fítico, milho convencional, milho com baixo fósforo fítico, farelo de soja convencional, farelo de soja com baixo fósforo fítico e de fosfato bicálcico em substituição ao amido de milho, de modo a fornecer 0,05 ou 0,10% de fósforo suplementar, totalizando 15 dietas [(3 × 2 × 2) + 3]. Semanalmente foram avaliados o peso vivo, o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar por parcela experimental. Ao final do experimento, aos 21 dias de idade, foram abatidas 3 aves por unidade experimental para remoção das tíbias esquerdas para análise do conteúdo de cinzas ósseas. A biodisponibilidade de fósforo do milho, da cevada e do farelo de soja convencionais foram de 18,5; 50,9 e 34,4% respectivamente, enquanto, para a do milho, da cevada e do farelo de soja com baixo fósforo fítico foram de 93,5; 132,9 e 90,9% respectivamente. O consumo de ração, o ganho de peso e a mineralização óssea das aves alimentadas com as dietas com baixo fósforo fítico foram superiores aos daquelas alimentadas com as dietas convencionais.

Palavras-chave: cevada, disponibilidade, farelo de soja, fósforo, frango de corte, milho

Relative bioavailability of phosphorus in low phytate ingredients based on bone mineralization in poultry

ABSTRACT - Four hundred and twenty one day-old broilers, Cobb 500, were randomly allotted to 15 treatments with four replications (7 chicks/pen) in a 21-day battery trial to assess the relative availability of phosphorus (RBP) from three feeds with two different genetic characteristics (low phytic phosphorus or conventional). One semi-purified basal diet based on corn starch and soybean meal with the addition of conventional barley, barley with low phytate phosphorus, conventional corn, corn with low phytate phosphorus, conventional soybean meal, soybean meal with low phytate phosphorus and dicalcium phosphate in substitution for the corn starch to supply 0.05 or 0.10% supplementary phosphorus, totaling 15 diets [(3 × 2 × 2) + 3]. Live weight, weight gain, feed intake, and feed to gain ratio were determined weekly for each experimental unit. At the end of the experimental period (21 days), three broilers per pen were slaughtered to remove the left tibias to determine the bone ash content. The phosphorus bioavailability of the conventional corn, barley and soybean were 18.5, 50.9, and 34.4%, respectively whereas for low phytate phosphorus corn, barley and soybean meal values were observed of 93.5, 132.9, and 90.9%, respectively. Feed intake, weight gain and bone mineralization of broilers fed low phytate phosphorus diets were higher than the observed for conventional ingredient diets.

Key Words: availability, barley, broiler chicks, corn, phosphorus, soybean meal

Introdução

A nutrição de frangos de corte baseia-se em ingredientes de origem vegetal, nos quais 66% do fósforo encontra-se na forma de inositol hexafosfato, indisponível para absorção (Munaro et al., 1996). O teor de fitato varia entre os vegetais, afetando diretamente a biodisponibilidade do fósforo. Segundo o NRC (1994), somente 33% e 42% desse mineral é biodisponível no milho e farelo de soja, respectivamente.

A adição de fitase às dietas visa hidrolisar o fitato, liberando fósforo e outros nutrientes para absorção (Ravindran et al., 1999). Outra alternativa é a manipulação genética de vegetais como o milho, cevada, soja e arroz com redução de 50-90% no fósforo fítico, sem redução no fósforo total (Raboy, 2001, 2002), uma vez que a biodisponibilidade de fósforo passa de 21-40% (milho convencional) para 59-95% (milho com baixo fitato). Estudos com perus alimentados à base de cevada e farelo de soja com baixo fósforo fítico, confirmaram aumento na biodisponibilidade de fósforo (Douglas et al., 2000).

A determinação da biodisponibilidade de fósforo é fundamental para se avaliar a utilização dos ingredientes pelas aves e o favorecimento do meio ambiente, pois é considerável o impacto ecológico reapresentado pela eliminação do fósforo não absorvido (Garzillo, 1996). O conhecimento da exigência nutricional, da biodisponibilidade do fósforo, absorção do fósforo dietético e seus fatores reguladores permite transformar a exigência líquida em exigência dietética diária (Conte et al., 2003).

Os parâmetros de desempenho animal (ganho de peso ou conversão alimentar) utilizados no cálculo de biodisponibilidade relativa do fósforo são influenciados por fatores inerentes ao ambiente e ao indivíduo, como temperatura ambiente, idade das aves, pH intestinal e viscosidade da dieta, resultando em baixos valores de correlação (r^2) e baixa acurácia das equações para o cálculo da biodisponibilidade de fósforo (Zhang et al., 2000). Hall et al. (2003) citam que, apesar de a porcentagem de cinzas ósseas ser rotineiramente utilizada para medir a mineralização óssea, o peso das cinzas nas tíbias é o indicador mais sensível quanto à precisão e valores de r^2 das equações para o cálculo da BRP.

Neste estudo avaliou-se o efeito de níveis crescentes de fósforo sobre o consumo de ração, a conversão alimentar, o ganho de peso e a composição em cinzas ósseas em frangos de corte aos 21 dias de idade e calculou-se a biodisponibilidade de fósforo em ingredientes convencionais ou com baixo fósforo fítico, obtidos por

manipulação química, com base no conteúdo de cinzas na tíbia.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no aviário experimental da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo. Foram utilizados 420 frangos de corte machos da linhagem Cobb de 1 dia de idade. As aves foram pesadas no primeiro dia de experimento e alojadas em 60 gaiolas experimentais (7 aves/gaiola) dispostas em baterias de três andares, equipadas com aquecimento elétrico, comedouro manual e bebedouros tipo *nipple*. A partir do quinto dia de vida, as aves passaram a receber as dietas experimentais e tiveram o peso corporal e o consumo de ração monitorados semanalmente até o final do período experimental para cálculo do ganho diário de peso, do consumo diário de ração e da conversão alimentar.

Uma dieta basal semipurificada foi formulada à base de amido de milho e farelo de soja, segundo recomendações do NRC (1994) para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, exceto quanto ao teor de fósforo, que foi mantido abaixo das exigências para a categoria. A partir da dieta basal, foram produzidas 15 dietas com 0,05 ou 0,10% de fósforo adicional, fornecido pelo fosfato bicálcico ou milho, cevada ou farelo de soja (convencionais ou com baixo fósforo fítico) em substituição ao amido de milho (Tabela 1). Os níveis de cálcio foram ajustados para cada dieta de modo que a relação cálcio:fósforo foi mantida em 2:1 por meio do ajuste na quantidade de calcário e amido de milho. As dietas foram isocalóricas (2.900 kcal/kg EM) e os níveis de metionina+cistina foram mantidos (1,02%) adequando-se as quantidades de óleo de soja ou DL-metionina 99% em substituição ao milho. As dietas experimentais e água foram fornecidas à vontade até os 21 dias de idade das aves.

Ao final do período experimental, 3 aves por gaiola foram sacrificadas por deslocamento cervical e foram removidas as tíbias esquerdas para posterior análise das cinzas ósseas. As dietas experimentais, bem como as tíbias, foram analisadas de acordo com os métodos estabelecidos pela AOAC (1990), para determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), cálcio (Ca) e fósforo (P) e matéria mineral (MM).

Os dados foram analisados em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 15 tratamentos experimentais, cada um com 4 repetições. Utilizaram-se os procedimentos de análise de variância descritos por Snedecor & Cochran (1967) com o emprego de rotinas do

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais

Item	Nível de fósforo								
	0,40% (dieta basal)	0,05% fosfato bicálcico	0,10% fosfato bicálcico	0,05% P suplementar (milho e baixo fitato)	0,10% P suplementar (milho e baixo fitato)	0,05% P suplementar (cevada e baixo fitato)	0,10% P suplementar (cevada e baixo fitato)	0,05% P suplementar (soja)	0,10% P suplementar (soja)
Amido de milho	42,34	41,72	41,09	23,21	3,90	26,14	9,80	32,28	22,12
Milho				17,68	35,53				
Cevada						13,75	27,64		
Farelo de soja								7,62	15,31
Óleo soja	0,82	1,08	1,35	2,08	3,36	3,09	5,37	3,16	5,52
Calcário calcítico (38% Ca)	1,44	1,53	1,61	1,69	1,94	1,69	1,94	1,64	1,85
Fosfato bicálcico (18%P / 24%Ca)	0,47	0,74	1,02	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
DL-metionina (99%)	0,20	0,20	0,20	0,14	0,07	0,13	0,05	0,10	0,00
Farelo de soja (45% PB)	48,60	48,60	48,60	48,60	48,60	48,60	48,60	48,60	48,60
Cloreto de colina (60%)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Dextrose	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Sal	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Suplemento ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Composicao calculada das dietas experimentais									
Proteína bruta (%)	22,0	22,0	22,0	23,4	24,9	23,9	25,8	25,4	28,8
Cálcio (%)	0,8	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
Fósforo total (%)	0,40	0,45	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50	0,45	0,50
Energia metabolizável (kcal/kg)	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900
Metionina (%)	0,69	0,69	0,69	0,66	0,62	0,65	0,61	0,64	0,59
Lisina (%)	1,35	1,35	1,35	1,38	1,43	1,41	1,48	1,55	1,76
Metionina + cistina (%)	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02

¹ O suplemento vitamínico fornece, por kg de dieta: vitamina A, 10.000 UI; vitamina D₃, 2.000UI; vitamina E, 25 mg; vitamina K₃, 3 mg; tiamina, 2 mg; riboflavina, 6 mg; piridoxina, 4 mg; vitamina B 12,15 µg; ácido nicotínico, 30 mg; ácido pantotênico, 12 mg; ácido fólico, 1 mg; biotina, 0,02 mg; antioxidante, 30 mg; virginamicina, 10 mg.

² O suplemento mineral fornece, por kg de dieta: ferro, 40 mg; cobre, 12 mg; zinco, 120 mg; manganês, 100 mg; iodo, 2,5 mg; cobalto, 0,75 mg.

General Linear Model do programa estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 1990). A análise de variância das características de desempenho obedeceu ao modelo fatorial $[(3 \times 2 \times 2) + 3]$, com três fontes de fósforo, dois níveis suplementares de fósforo e duas variedades de grãos (mais uma dieta basal e duas dietas convencionais suplementadas com fosfato bicálcico). Utilizou-se o teste de Duncan para o contraste entre as médias das fontes, variedades e níveis de fósforo (SAS, 1990). Os resultados obtidos com a dieta basal foram utilizados apenas nos cálculos de biodisponibilidade de fósforo e, por isso, foram excluídos da análise de variância.

A estimativa da disponibilidade biológica relativa de fósforo, proveniente dos ingredientes-teste, foi calculada pelo método *slope ratio* (Ammerman et al., 1995), no qual a inclinação da curva de regressão para cada ingrediente testado, em cada nível de fósforo suplementar, foi dividida pela inclinação da linha de regressão para o fosfato padrão, ao qual se atribui 100% de biodisponibilidade relativa de fósforo. O parâmetro utilizado para estimativa da biodisponibilidade relativa de fósforo (BRP) nos ingredientes foi o peso de cinzas na tíbia aos 21 dias de idade das aves.

Resultados e Discussão

Entre os ingredientes, independentemente dos níveis dietéticos de fósforo e da genética, as dietas à base de cevada e milho promoveram maior ganho de peso e consumo de ração ($P < 0,05$) em comparação àquelas com farelo de soja (Tabela 2). Entretanto, a conversão alimentar foi semelhante à observada nas aves que receberam as dietas à base de milho ou farelo de soja. Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira (2004), ao avaliarem as mesmas fontes convencionais de fósforo. Alguns ingredientes, como

a cevada, contêm alto grau de atividade de fitase, enquanto outros, como milho e sorgo, têm pouca ou nenhuma atividade de fitase (Selle, 1997). O aumento no nível de fósforo (0,05 e 0,10%) aumentou o ganho de peso e o consumo de ração e melhorou a conversão alimentar das aves mantidas com as dietas à base de ingredientes com baixo fósforo fítico ($P < 0,05$). Estudos têm demonstrado que a ingestão de fósforo está associada ao seu nível dietético (Garzillo, 1996).

Na média, as aves que receberam as dietas com baixo fósforo fítico ganharam 30,47% mais peso, consumiram 22,25% mais de ração e melhoraram ($P < 0,05$) em 6% a conversão em comparação àquelas que receberam dietas com ingredientes convencionais. Esse resultado está de acordo com o obtido por Li et al. (2001), que observaram aumento de 30% no ganho de peso e 21% no consumo de ração e melhora de 13% na conversão alimentar de perus mantidos com uma dieta à base de cevada com baixo fósforo fítico. Esses resultados devem-se provavelmente ao maior teor de fósforo disponível desses ingredientes para os animais.

As aves que receberam dieta à base de cevada apresentaram maior peso de cinzas na tíbia aos 21 dias de idade ($P < 0,05$), o que está relacionado ao maior consumo de ração por essas aves e conseqüentemente ao maior consumo. Além disso, a atividade de fitase da cevada é maior que a do milho e do farelo de soja. A mineralização óssea foi influenciada pela genética dos ingredientes ($P < 0,05$), pois o peso de cinzas na tíbia nas aves alimentadas com dietas à base de ingredientes com baixo fósforo fítico foi 31% maior que o das aves alimentadas com dietas à base de ingredientes convencionais (Tabela 3). Li et al. (2000) verificaram maior mineralização óssea em frangos de corte alimentados com dieta à base de milho com baixo fósforo fítico em relação àquelas alimentadas com dieta à base de

Tabela 2 - Desempenho de pintos de corte mantidos com dietas com baixo teor de fitato

Fonte de fósforo	Ganho de peso (g/dia)		Consumo de ração (g/dia)		Conversão alimentar (g/kg)		Cinzas na tíbia (mg)	
	Convencional	Baixo fósforo fítico	Convencional	Baixo fósforo fítico	Convencional	Baixo fósforo fítico	Convencional	Baixo fósforo fítico
Milho	22,77ab	30,68a	29,90b	38,07a	1319a	1229a	1158b	1607b
Cevada	24,55a	31,95a	31,93a	38,96a	1307a	1227a	1371a	1797a
Farelo de soja	21,88b	27,68b	29,71b	34,74b	1320a	1264a	1181b	1454c
Nível de fósforo								
0,05	23,01a	27,24b	30,77a	35,36b	1313a	1303a	1279	1460b
0,10	23,13a	32,96a	30,26b	39,15a	1318a	1177b	1194	1778a
Média	23,07B	30,10A	30,52B	37,25A	1315A	1240B	1237B	1619A
Desvio-padrão	0,08	4,04	1,94	3,23	110,96	89,62	180,14	251,72

Médias com letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes ($P < 0,05$).
Médias com letras maiúsculas diferentes na mesma linha são estatisticamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabela 3 - Equações de regressão, coeficientes de determinação e biodisponibilidade relativa do fósforo calculados utilizando-se o peso de cinzas na tibia como critério de disponibilidade de fósforo nos alimentos

Fonte de fósforo	Variedade					
	Convencional			Baixo fósforo fitico		
	Y=a+bx	R ²	Biodisponibilidade	Y=a+bx	R ²	Biodisponibilidade
Fosfato bicálcico	999+18,4x	0,82	100,0	-	-	-
Milho	999+3,4x	0,08	18,5	999+16,0x	0,81	87,0
Cevada	999+9,4x	0,28	51,1	999+24,5x	0,90	133,2
Farelo de soja	999+6,3x	0,33	34,2	999+16,7x	0,88	90,8

Y = variável dependente (peso de cinzas na tibia); a = intercepto; b = slope; x = consumo de fósforo suplementar (mg/dia).

milho convencional. Linares (2002), no entanto, não observou diferença no peso das cinzas entre frangos de corte alimentados com dietas com cevada convencional e frangos mantidos com dietas com baixo fósforo fitico.

A biodisponibilidade relativa de fósforo calculada para o milho convencional foi 18,5% (Tabela 3) e pode ser representada pela equação de regressão $y = 999 + 3,40x$ ($r^2 = 0,08$). Esse resultado indica que, para 0,22% de fósforo total (NRC, 1994), há valor equivalente a 0,04% de fósforo disponível. A biodisponibilidade relativa de fósforo no milho com baixo teor de fitato foi calculada em 87,0% e pode ser representada pela equação de regressão $y = 999 + 16,0x$ ($r^2 = 0,81$), portanto, para 0,22% de fósforo total, há um valor equivalente a 0,19% de fósforo biodisponível. Spencer et al. (2000) estudaram a biodisponibilidade relativa desse mineral em dietas à base de milho (convencional e com baixo fósforo fitico) para suínos e verificaram valor de 9% para o milho convencional e de 62% para o milho com baixo fósforo fitico. Oliveira (2004) calculou a biodisponibilidade relativa de fósforo no milho convencional com e sem adição de fitase e observou valor de 55,4% para o milho sem a adição de fitase e de 170,1% para o milho com adição de fitase. De acordo com Ahmad et al. (2000), a retenção de fósforo pelas aves tem correlação direta com sua disponibilidade biológica. Li et al. (2000) observaram que frangos alimentados com milho com baixo fósforo fitico tiveram maior retenção de fósforo em comparação àqueles alimentados com milho convencional (82,9 vs 73,3%).

Para a cevada convencional, a biodisponibilidade relativa de fósforo foi de 51,5% e pode ser representada pela equação de regressão $y = 999 + 9,4x$ ($r^2 = 28\%$), o que resulta, considerando 0,42% de fósforo total (NRC, 1994), em valor equivalente a 0,22% de fósforo biodisponível. A biodisponibilidade relativa de fósforo da cevada com baixo fósforo fitico foi calculada em 133,2%, equação de regressão $y = 999 + 24,5x$ ($r^2 = 0,90$), o que indica, para 0,42% de fósforo total, em valor equivalente a 0,56% de

fósforo biodisponível. Li et al. (2001), utilizando o parâmetro de cinzas nos dedos, verificaram biodisponibilidade relativa de fósforo para cevada convencional e com baixo fósforo fitico de 28% e de 49,3%, respectivamente, comprovando que o fósforo da cevada convencional foi 1,8% menos disponível. Sugiura et al. (1999) avaliaram a disponibilidade de fósforo da cevada com baixo fósforo fitico e verificou que o fósforo da cevada com baixo fósforo fitico foi mais disponível para trutas que o da cevada convencional.

A biodisponibilidade relativa de fósforo do farelo de soja convencional foi calculada em 34,2% e pode ser representada pela equação de regressão $y = 999 + 6,3x$ ($r^2 = 0,33$), o que corresponde, considerando 0,57% de fósforo total (NRC, 1994), a 0,20% de fósforo biodisponível. A biodisponibilidade relativa de fósforo para o farelo de soja com baixo fósforo fitico foi calculada em 90,8%, representada pela equação de regressão $y = 999 + 16,7x$ ($r^2 = 0,88$), correspondente a 0,52% de fósforo biodisponível considerando 0,57% de fósforo total. Sands et al. (2003) encontraram biodisponibilidade relativa de fósforo, com base no peso de cinzas na tibia, para o farelo de soja com baixo fósforo fitico e convencional de 61% e 39%, respectivamente, enquanto Martins (2003) calcularam biodisponibilidade de fósforo de 38% para o farelo de soja convencional. Li et al. (2001), em estudo com perus, verificaram que as aves alimentadas com cevada com baixo fósforo fitico apresentaram maior retenção de fósforo em comparação aos alimentados com cevada convencional (76,4 vs 63,0%, respectivamente).

Conclusões

O uso de milho, cevada e farelo de soja com baixo teor de fósforo fitico pode melhorar o desempenho de frangos de corte, promovendo aumentos médios de 30,5% no ganho de peso e de 22,0% no consumo de ração, além de redução média de 5,7% na conversão alimentar e aumento

médio de 30,9% no conteúdo de cinzas na tíbia em comparação a esses mesmos ingredientes convencionais. A biodisponibilidade de fósforo em ingredientes com baixo teor de fósforo fítico, calculada com base na regressão dos valores de peso de cinzas na tíbia em cada um dos níveis de fósforo adicional ingerido, foi de 87,0% para o milho, 133,2% para a cevada e 90,8% para o farelo de soja em relação ao padrão fosfato bicálcico dibásico.

Agradecimentos

Em nome de seus alunos, colegas e muitos amigos no mundo, este artigo é dedicado à vida, às realizações e à memória do respeitado conselheiro, professor, pesquisador e amigo, o saudoso Professor Doutor Felix Ribeiro de Lima.

Literatura Citada

- 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.
- AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.H.; LEWIS A.J. **Bioavailability of nutrients for animal**: amino acids, mineral and vitamins. San Diego: Academic Press, 1995. 441p.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16.ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1025p.
- CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIALHO, E.T. et al. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1147-1156, 2003.
- DOUGLAS, M.W.; PETERS, C.M.; BOLING, S.D. et al. Nutritional evaluation of low phytate and high protein corns. **Poultry Science**, v.79, p.1586-1591, 2000.
- GARZILLO, J.M.F. **Parâmetros biológicos usados na avaliação da biodisponibilidade do fósforo para frangos de corte em fosfatos comerciais e em fosfatos de rocha**. 1996. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- HALL, L.E.; SHIRLEY, R.B.; BAKALLI, R.I. et al. Power of two methods for the estimation of bone ash of broilers. **Poultry Science**, v.82, p.414-418, 2003.
- LI, Y.C.; LEDOUX, D.R.; VEUM, T.L. et al. Effects of low phytic corn on phosphorus utilization, performance, and bone mineralization in broiler chicks. **Poultry Science**, v.79, p.1444-1450, 2000.
- LI, Y.C.; LEDOUX, D.R.; VEUM, T.L. et al. Low phytic acid barley improves performance, bone mineralization, and phosphorus retention in turkey pouts. **Journal of Applied Poultry Research**, v.10, p.178-185, 2001.
- LINARES, L.B. **Nutritional value of a genetically modified low phytic acid barley for broiler chicks**. 2002. 153f. Dissertação (Mestrado em Animal Sciences) – University of Missouri, Columbia, 2002.
- MARTINS, B.A.B. **Determinação da biodisponibilidade relativa de fósforo para frangos de cortes em farelo de trigo, soja integral tostada e soja integral extrusada com e sem a adição de fitase microbiana à dieta**. 2003. 147f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- MUNARO, F.A.; LOPEZ, J.; TEIXEIRA, A.S. et al. Aumento da disponibilidade do fósforo fítico pela adição de fitase a rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p.921-931, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1994. 155p.
- OLIVEIRA, T.M. **Determinação da biodisponibilidade relativa de fósforo para frangos de cortes em milho, cevada e farelo de soja sem com a adição de fitase microbiana à dieta**. 2004. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- RABOY, V. Seeds for a better future: 'low phytate' grains help to overcome malnutrition and reduce pollution. **Trends in Plant Science**, v.6, p.458-462, 2001.
- RAVINDRAN, V.; SELLE, P.H.; RAVINDRAN, G. et al. Influence of supplemental microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, v.78, p.699-706, 1999.
- SANDS, J.S.; RAGLAND, D.; BAXTER, C. et al. Phosphorus bioavailability, growth performance and nutrient balance in pigs fed high available phosphorus corn and phytase. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2134-2142, 2001.
- SELLE, P.H. The potential of microbial phytase the sustainable production of pigs and poultry. In: SHORT COURSE AND FEED TECHNOLOGY, 7., 1997, Ansong. **Proceedings...** Ansong: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997. p.124.
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods**. 2.ed. Ames: Iowa State University, 1967.
- SPENCER, J.D.; ALLEE, G.L.; SAUBER, T.E. Phosphorus availability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. **Journal of Animal Science**, v.78, p.675-681, 2000.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **User's guide**. Cary: 1990. (CD-ROM).
- SUGIURA, S.H.; RABOY, V.; YOUNG, K.A. et al. Availability of phosphorus and trace elements in low-phytate varieties of barley and corn for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.170, p.285-296, 1999.
- ZHANG, Z.; MARQUARDT, R.R.; GUENTER, W. et al. Prediction of the effect of enzymes on chick performance when added to cereal-based diets: use of a modified log-liner model. **Poultry Science**, v.79, p.1757-1766, 2000.