

Metabolismo do Fósforo em Equinos. 2. Efeitos de Diferentes Níveis de Fósforo Dietético¹

João Batista Lopes², Carlos Eduardo Furtado³, Dorinha Miriam Silber Schmidt Vitti⁴, Adibe Luiz Abdalla⁴, Hugo Tosi⁵, Marinéia de Lara Haddad⁶

RESUMO - Objetivou-se ajustar modelos biomatemáticos ao metabolismo e à cinética do fósforo e determinar a absorção real e disponibilidade biológica do fósforo, em dietas de equinos, contendo diferentes níveis de suplementação de fósforo do fosfato bicálcico, utilizando-se o modelo, determinístico e compartimental, adaptado de Aubert e Milhaud, em que o trato gastrointestinal, os ossos e tecidos moles, em conjunto, representaram os compartimentos, em fluxo bidirecional com o sangue. Foram utilizadas informações sobre estudo de metabolismo e cinética do P em tecidos obtidas pela técnica da diluição isotópica. Constatou-se que os níveis de P dietéticos não influenciam as trocas desse mineral entre o sangue e o trato digestivo; a deposição de P nos ossos e tecidos moles tendem a aumentar com a elevação dos níveis de P, ocorrendo o inverso com a solubilização; a absorção real, o P excretado nas fezes e o balanço de P nos ossos e tecidos moles, em equinos, são positivamente relacionados com os níveis de P dietéticos do fosfato bicálcico; o incremento do P em dietas suplementadas com fosfato bicálcico não interfere na disponibilidade biológica desse mineral em equinos.

Palavras-chave: fosfatos, metabolismo, potros, radiofósforo

Phosphorus Metabolism in Horses. 2. Effects of Different Dietary Phosphorus Levels

ABSTRACT - This experiment was designed to adjust the biomathematical models of the phosphorus (P) flow between the physiologic or anatomical compartments of horses and to evaluate the P absorption and availability in horses, fed diets with different P levels from dicalcium phosphate. The model, deterministic and compartmental, was adapted of Aubert and Milhaud, in which the digestive tract and the bone and soft tissues represented the compartments in bi-directional flow with the blood. The informations on metabolism and kinetic of P in tissues obtained by the isotopic dilution technique were used. It was verified that the P levels from diets don't influence the changes of P between the blood and digestive tract; the P accretion in the bones and soft tissues tend to increase with the elevation of the levels of P, happening the inverse with the P re-sorption; the true absorption and P excreted in the feces and P balance in the bone and soft tissues in horse are positively related with the P dietary levels from dicalcium phosphate; the increase of supplemental P in diets containing dicalcium phosphate does not interfere in the P biological availability in horse.

Key Words: foals, metabolism, phosphate, radio phosphorus

Introdução

A avaliação das exigências de fósforo para cavalos tem recebido atenção especial, pois as quantidades de fósforo necessárias para atender as funções de manutenção dos processos metabólicos e de produção (gestação, lactação, crescimento e trabalho) dos animais são influenciadas por fatores diversos como: raça, taxa de crescimento e produtividade, estresse de treinamento, desempenho, idade, qualidade dos alimentos volumosos, condição ambiental, nível de sudorese e de outros minerais na ração (Cunha, 1991; McDowell, 1992). Assim, para elabo-

ração de práticas nutricionais corretas para atender às diversas funções do organismo, o conhecimento da fisiologia digestiva do cavalo é essencial, sendo necessário conhecer não só como funciona o aparelho digestivo, como também a eficiência com que aproveita os nutrientes dos alimentos.

Os equinos apresentam uma situação peculiar quanto aos locais de absorção de fósforo inorgânico ao longo do trato digestivo. Schryver et al. (1972) relataram que o local de absorção de fósforo ingerido por cavalos varia com a composição da dieta. Pouco fósforo é absorvido no intestino delgado posterior, quando os animais recebem exclusivamente alimen-

¹ Pesquisa financiada pela FAPESP-proj 00/00640-0

² Professor da Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário da Socopo, Teresina, PI, Brasil. Email: lopesjb@uol.com.br

³ Professor do Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, CEP 67.020-900, Maringá, PR, Brasil.

⁴ Professores do Laboratório de Nutrição, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Caixa Postal 96, CEP 13400-970, Piracicaba – SP, Brasil.

⁵ Professor da Universidade Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, Brasil.

⁶ Professora Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

tos volumosos. Nesta situação, grandes quantidades de fosfatos são secretadas no ceco e no cólon ventral, que, provavelmente, atuam como tampões aos ácidos graxos voláteis produzidos nestes compartimentos, sendo o cólon o local de maior absorção e de reabsorção dos fosfatos. Quando a dieta é exclusivamente de concentrados, a quantidade de fósforo absorvido aumenta no intestino delgado.

Os cientistas, nos dias atuais, têm-se preocupado em associar os resultados obtidos na pesquisa científica a expressões matemáticas, que representam os processos biológicos. Assim, Brown & Rothery (1993) destacaram que os modelos, caracterizados como estocásticos ou determinísticos, podem simbolizar descrições de grupos populacionais dentro de um espaço de tempo ou tratar de processos dinâmicos.

Estudos sobre a absorção real, o metabolismo e fluxo do fósforo no organismo de diversas espécies animais, por meio da técnica de diluição isotópica, com o uso do ^{32}P como marcador, têm sido relatados em ovinos (Grace, 1981; Schneider et al., 1985; Sauvant et al., 1996), em bovinos (Annekov, 1982; Vitti et al., 2001), em suínos (Fernandez, 1995b; Bastianelli et al., 1996; Lopes et al., 2001) e em caprinos (Vitti et al., 2000), direcionados, principalmente, para estudos do metabolismo e da cinética do fósforo nessas espécies.

Em função da importância da técnica da modelagem na experimentação científica, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de ajustar modelos biomatemáticos ao metabolismo e à cinética do fósforo e determinar a absorção real e disponibilidade biológica do fósforo, em dietas de equinos, contendo diferentes níveis de suplementação de fósforo provenientes do fosfato bicálcico.

Material e Métodos

O trabalho experimental foi desenvolvido no Setor de Equideocultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal e no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, em Piracicaba.

Na elaboração do modelo matemático, foram utilizados os resultados de pesquisa sobre metabolismo e cinética do fósforo, em tecidos de equinos, por meio da técnica de diluição isotópica, usando o ^{32}P como marcador (Furtado, 1996).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, baseado no peso inicial dos animais, sendo a unidade experimental representada por um animal alojado em gaiola de metabolismo, confeccionada de acordo com o modelo proposto por Furtado & Tosi (1996). Os resultados foram submetidos à análise de variância e para avaliar o efeito dos níveis de suplementação de fósforo do fosfato bicálcico nas dietas experimentais foi realizada análise de regressão polinomial (Statistical Analysis System - SAS, 1986), considerando-se o valor previamente estabelecido de consumo de fósforo do fosfato bicálcico.

Os tratamentos experimentais consistiram de diferentes níveis de suplementação de fósforo do fosfato bicálcico nas dietas: (N0) - dieta basal sem suplementação de fósforo, contendo 0,22% de fósforo total; (N15) - dieta basal + suplementação de fosfato bicálcico para fornecer 15 g de P / dia; (N20) - dieta basal + suplementação de fosfato bicálcico para fornecer 20 g de P / dia; (N25) - dieta basal + suplementação de fosfato bicálcico para fornecer 25 g de P / dia. Os níveis de fósforo suplementar foram incorporados a um núcleo mineral (Tabela 1). Cada núcleo, por sua vez, foi adicionado a uma dieta basal constituída de feno de gramínea moída, rolão de milho e farelo de soja, sem suplementação de fósforo. A composição bromatológica das dietas experimentais encontra-se apresentada na Tabela 2.

Foram utilizados 16 animais, com idade de dezoito meses e peso médio de $322,6 \pm 23,9$ kg, recebendo dietas fareladas, distribuídas em três refeições diárias, com a ingestão de matéria seca programada para 4,66 kg/dia. As rações foram formuladas para atender às exigências dos animais, de acordo com as recomendações do NRC (1989) e de OTT (1995).

O período de adaptação teve duração de 15 dias, e o da fase experimental, de sete dias, destinados à coleta total e diária de fezes e de urina e de amostras de sangue, sendo 5% do conteúdo das fezes e 1% da urina, armazenados em congelador para as devidas análises.

No 16º dia experimental, foram injetados em cada animal, através da veia jugular direita, 30 MBq de ^{32}P , livre de carregador. Após a injeção, amostras de sangue foram coletadas através da veia jugular esquerda, usando-se tubos a vácuo heparinizados, aos 5 minutos e 24, 48, 76, 96, 120 e 144 horas após a injeção.

O preparo da solução radioativa, as análises das

Tabela 1 - Composição percentual dos núcleos minerais

Table 1 - Percentage composition of the mineral mixture

Ingredientes <i>Ingredients</i>	Níveis de fósforo <i>Phosphorus levels</i>			
	N ₀	N ₁₅	N ₂₀	N ₂₅
Fosfato bicálcico ¹ <i>Dicalcium phosphate¹</i>	-	15,79	28,95	42,11
Calcário <i>Limestone</i>	27,63	17,66	9,35	1,04
Sal comum <i>Salt</i>	17,50	17,50	17,50	17,50
Caolim (Inert) <i>Kaolim (complement)</i>	48,10	42,28	37,43	32,58
MgO <i>Magnesium oxide</i>	5,10	5,10	5,10	5,10
Suplemento mineral ² <i>Mineral suplement²</i>	1,67	1,67	1,67	1,67
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
Matéria seca (%) <i>Dry matter</i>	99,70	99,35	99,09	98,70
Cinzas (%) <i>Ash</i>	67,44	74,82	77,68	80,82
Fósforo (%) <i>Phosphorus</i>	0,08	3,12	6,01	9,56
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	17,50	15,90	15,90	16,50

¹ Composição do fosfato bicalcico: P - 17,66%; Ca - 23,78%; F - 0,08% (*Dicalcium phosphate composition: P - 17,66%; Ca - 23,784%; F - 0,08%*).

² Quantidade do suplemento mineral / kg do produto (*amount of mineral / kg of mineral suplement*): Zn - 1.500 mg; Cu - 250 mg; Mn - 1.000 mg; Fe - 1.000 mg; Co - 12,4 mg; I - 20 mg; Se - 2,25 mg.

Tabela 2 - Composição das dietas experimentais (100% MS)

Table 2 - Composition of experimental diets (100% DM)

Ingredientes <i>Ingredients</i>	Níveis de fósforo <i>Phosphorus levels</i>			
	N ₀	N ₁₅	N ₂₀	N ₂₅
Feno de gramínea moído <i>Ground hay grass</i>	47,00	47,00	47,00	47,00
Milho em grão <i>Corn</i>	48,00	48,00	48,00	48,00
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	1,00	1,00	1,00	1,00
Núcleo mineral <i>Mineral mixture</i>	4,00	4,00	4,00	4,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Matéria seca (%) <i>Dry matter</i>	89,78	89,59	89,40	88,86
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	8,15	8,00	7,74	7,95
Cinzas (%) <i>Ash</i>	4,65	4,73	5,40	4,30
Fibra bruta (%) <i>Crude fiber</i>	14,50	13,85	15,43	16,19
Extrato etéreo (%) <i>Ether extract</i>	3,17	3,01	2,99	3,05
Fósforo (%) <i>Phosphorus</i>	0,22	0,33	0,41	0,50
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	0,88	0,83	0,58	0,63
Cálcio : fósforo <i>Calcium : phosphorus</i>	4: 1	2,5:1	1,4:1	1,3:1

dietas experimentais, das fezes, do sangue e da urina, bem como o detalhamento do modelo do fluxo do fósforo adaptado de Aubert & Milhaud (1960) foram descritos por Lopes et al. (2003)

Resultados e Discussão

Os resultados da ingestão, excreção diária nas fezes e na urina, absorção, disponibilidade biológica e do fluxo de entrada e de saída do P nos compartimentos, trato digestivo, sangue, osso e tecidos moles e balanço no osso e tecidos moles em conjunto, de acordo com as dietas experimentais, estão apresentados na Tabela 3.

Os níveis de P consumido (F_{01}), com valores de $10,61 \pm 0,53$, $14,92 \pm 0,64$, $19,39 \pm 0,86$ e $25,28 \pm 1,09$ g de P/dia, respectivamente, para os tratamentos N0, N15, N20, e N25, foram relacionados linearmente com os níveis de suplementação de P do fosfato bicálcico (X), de acordo com a equação $F_{01} = 9,383 + 0,544X$, $r^2 = 0,82$ ($P < 0,01$).

As exigências de fósforo para eqüinos são

relativamente grandes. Segundo o NRC (1989) a exigência para manutenção de um cavalo com 200 kg é de 6 g/dia e para um garanhão com essa idade, durante a estação de monta, é de 8 g/dia. Já, cavalos com doze meses pesando 300 kg necessitam de 16 g de P/dia.

O P excretado nas fezes (F_{10}) também aumentou com o nível de suplementação do fósforo do fosfato bicálcico, segundo a equação: $F_{10} = 5,67 + 0,426 X$; $r^2 = 0,60$ ($P < 0,01$), caracterizando o trato intestinal, de acordo com Lopes (1999) e Breves & Schröder (1991), como importante órgão de controle dos mecanismos de regulação da homeostase do P nos eqüinos.

Os resultados estão em consonância com os observados por Schryver et al. (1971), trabalhando com eqüinos, e os de Furlan (1994), em pesquisa com coelhos, também animais monogástricos de ceco funcional, ao constatarem aumento linear significativo na excreção de P nas fezes, em função de níveis crescentes de consumo deste mineral.

A absorção real (P_a) sofreu influência positiva

Tabela 3 - Médias e equações de regressão (ER) das variáveis relacionadas ao estudo do metabolismo e cinética de P em eqüinos

Table 3 - Means and regression equations for parameters related to the phosphorus metabolism in horses

Parâmetro 1 (g/dia) Parameter 1 (g/day)	Níveis de fósforo Phosphorus levels				Estimador
	N0	N15	N20	N25	
Ingestão de P (F_{01}) ¹ <i>P Intake</i>	10,61±0,53	14,92±0,64	19,39±0,86	25,28±1,09	$F_{01} = 9,383 + 0,544X$
P fecal (F_{10}) ¹ <i>Fecal P</i>	8,40±0,74	11,02±1,04	13,01±1,67	18,38±1,64	$F_{10} = 5,67 + 0,426 X$
Purina (F_{20}) <i>Urinary P</i>	0,70±0,36	2,06±1,27	1,20±0,63	0,63±0,34	$F_{20} = 1,15$
P endógeno (Pf) <i>Endogenous P</i>	3,08±0,42	3,29±0,56	3,42±0,75	3,15±0,61	$Pf = 3,24$
P do sangue para TGI (F_{12}) <i>P from blood to gut</i>	10,73±1,71	10,32±4,42	12,09±3,98	8,91±2,12	$F_{12} = 10,51$
P do TGI para sangue (F_{21}) <i>P from gut to blood</i>	12,94±1,89	14,22±2,90	18,47±5,62	15,81±3,23	$F_{21} = 15,36$
Absorção real de P (P_a) ¹ <i>P true absorption</i>	5,29±0,84	7,19±2,17	9,80±4,50	10,05±2,88	$P_a = 5,27 + 0,191X$
Disp. Biol. (DB)(%) ² <i>Biolog. availability</i>	49,86±11,36	48,19±13,58	50,54±23,03	39,95±14,11	$DB = 47,14$
P do sangue ao osso e tecidos moles (F_{23}) <i>P from blood to bone and soft tissue</i>	4,58±1,05	3,34±1,65	6,40±1,10	7,70±1,54	$F_{23} = 5,51$
P do osso e tecidos moles ao sangue (F_{32}) <i>P from bone and soft tissue to blood</i>	3,07±1,63	1,49±0,72	1,21±1,21	1,43±1,12	$F_{32} = 1,8$
Balanço P osso e tecidos moles (B_a) ¹ <i>P balance in bone and soft tissue</i>	1,51±0,69	1,84±1,25	5,19±1,77	6,27±1,88	$B_a = 0,876 + 0,188X$

¹ Efeito linear dos níveis de fósforo ($P < 0,05$) (*Linear effects of phosphorus levels ($P < 0,05$)*).

² Valor percentual (*Percentual value*).

dos níveis de P dietéticos, segundo a equação: $P_a = 5,27 + 0,191X$; $r^2 = 0,26$ ($P < 0,05$), o que está de acordo com Cymbaluck et al. (1989) e Kichura et al. (1983), ao relatarem que o aumento de P na dieta influencia positivamente a absorção de P em pôneis em crescimento. Embora a quantidade de P absorvido tenha aumentado com o incremento deste mineral na dieta, a disponibilidade biológica não foi afetada ($P > 0,05$).

Também, observou-se que a relação Ca:P nas dietas experimentais, variando de 1,3 a 4,0:1, não provocou efeito na disponibilidade de fósforo nos níveis estudados. Neste sentido, o NRC (1989) recomenda para potros com 12 meses a relação de 2:1, enquanto Cunha (1991) destacou que animais alimentados com dietas com relação superior a 3:1 não têm apresentado problemas. Porém, a relação Ca:P nas dietas de equinos não deve ser inferior 1:1.

Os resultados do presente trabalho apresentaram comportamento similar aos observados por Schryver et al. (1971) e Cymbaluck & Christensen (1986), trabalhando com equinos, ao constatarem que os níveis crescentes de ingestão de P interferiram na absorção de P, sem influenciarem a eficiência de absorção.

Com relação à urina, não foi observado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de P sobre a quantidade excretada, estando este comportamento similar ao encontrado por Furtado (1996), em pesquisa com equinos alimentados com P suplementar de fontes fosfatadas e em quantidades suficientes para atender às exigências daqueles animais, segundo o NRC (1989). Os resultados estão, também, de acordo com Meyer & Stadermann (1990), ao relatarem que existe baixa correlação entre o P excretado na urina e o P consumido por equinos. Porém, se contrapõem aos resultados de Schryver et al. (1971), ao destacarem que em dietas com baixo teor de P (0,20 g/100 g de dieta) a excreção urinária foi de 2,5% do P da dieta e aumentou para 13%, quando os níveis de P eram intermediários (0,54 a 0,79 g/100 g de dieta) e para 18% em dietas com elevados teores de P (1,19 g/100 g de dieta). O mesmo comportamento foi observado por Cymbaluck & Christensen (1986) e Capen & Rosol (1989), que encontraram efeito linear entre o P consumido e a excreção renal desse mineral.

O fluxo de P do trato gastrointestinal (TGI) para o sangue e deste para o TGI não foi influenciado pelos níveis de P da dieta ($P < 0,05$). Esta observação contrasta com os resultados obtidos por Fernandez

(1995b), Lopes (1999), trabalhando com suínos em crescimento, e por Vitti et al. (2000), em pesquisa com caprinos, ao verificarem que o incremento do P da dieta interferiu no intercâmbio bidirecional de P entre o TGI e o sangue.

No tocante à mobilização (F_{23}) e reabsorção (F_{32}) de P nos ossos e tecidos moles, tratados em conjunto, observou-se que não houve efeito dos níveis de P ($P > 0,05$) sobre essas variáveis. Porém, ao se relacionar o valor do P reabsorvido com o total ingerido, verifica-se que, no nível de menor valor de P dietético (N0), houve taxa de reciclagem de 28,93% e no de maior valor (N25), de 5,66%, caracterizando a ação dos mecanismos usados pelo organismo para manter estável os níveis de P no sangue. Essa constatação para incorporação de P nos ossos está de acordo com o observado por Fernandez (1995a), ao destacar que diversos estudos de metabolismo de cálcio e de fósforo têm mostrado que o acréscimo de P no osso apresenta-se constante e independente do nível de ingestão do mineral. Resultados similares foram também obtidos por Fernandez (1995a) e Lopes et al. (2001), em pesquisa com suínos na fase de crescimento e Vitti et al. (2001), em trabalho com bovinos, ao destacarem que as fontes de fosfato estudadas, com a quantidade de P suficiente para atender às exigências nutricionais dessas espécies, não interferiram na incorporação do P nos ossos e tecidos moles. No entanto, o balanço de P nos ossos e tecidos moles (Ba) foi afetado linearmente, segundo a equação $Ba = 0,876 + 0,188X$, $r^2 = 0,29$ ($P < 0,05$), caracterizando esses tecidos como importantes locais de reserva do fósforo absorvido.

Observou-se efeito positivo dos níveis dietéticos de P no balanço deste mineral nos ossos e tecidos moles, embora não se tenha constatado alteração significativa no fluxo de entrada e de saída de P, o que parece ser contraditório. No, entanto, à proporção que os níveis de P cresceram, verificou-se tendência de crescimento na deposição de P, ocorrendo o inverso com a solubilização.

Conclusões

Os níveis de P dietéticos influenciam pouco as trocas desse mineral entre o sangue e o trato digestivo.

A deposição de P nos ossos e tecidos moles tendem a aumentar com a elevação dos níveis de P, ocorrendo o inverso com a solubilização.

A absorção real, o P excretado nas fezes e o balanço de P nos ossos e tecidos moles, em equínos, são positivamente relacionados com os níveis de P dietéticos.

O incremento do P em dietas suplementadas com fosfato bicálcico não interfere na disponibilidade biológica desse mineral em equínos.

Literatura Citada

- ANNENKOV, B.N. Kinetics of mineral metabolism in blood. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N., SAMOKHIN, V.I. (Eds.) **Mineral nutrition of animals**. 1.ed. London: Butterworths, 1982. p.243-256.
- AUBERT, J.P.; MILHAUD, G. Méthod de mesure des principales voies du métabolisme calcique chez l'homme. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.39, n.1, p.122-139. 1960.
- BASTIANELLI, D.; SAUVANT, D.; RÉRAT, A. Mathematical modeling of digestion and nutrient absorption in pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, n.10, p.1873-1887, 1996.
- BREVES, G.; SCHRÖDER, B. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. **Nutrition Research Reviews**, v.4, p.125-140, 1991.
- BROWN, D.; ROTHERY, P. **Models in biology: mathematics, statistics and computing**. Chichester: John Wiley & Sons, 1993. 687p.
- CAPEN, C.C.; ROSOL, T.J. Calcium – relating hormones and diseases of abnormal mineral (calcium, phosphorus, magnesium) metabolism. In: KANEKO, J.J. (Ed.) **Clinical biochemistry of domestic animal**. San Diego: Academic Press, 1989. p.678-752.
- CUNHA, T.J. **Horse. Feeding and nutrition**. 2. ed. San Diego, Califórnia: Academic Press, 1991. 445p.
- CYMBALUCK, N.F.; CHRISTISON, G.I. Nutrient utilization of pelleted and unpelleted forage by ponies. **Canadian Journal Animal Science**, v.66, p.237-244, 1989.
- CYMBALUCK, N.F.; CHRISTISON, G.I.; LEACH, D.H. Nutrient utilization by limit and ad libitum fed growing horses. **Journal of Animal Science**, v.67, n.2, p. 414-425. 1989.
- FERNANDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. II. Simultaneous radio-calcium and radio-phosphorus kinetics. **Livestock Production Science**, v.41, n.1, p.243-254, 1995a.
- FERNANDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. III. A model resolution. **Livestock Production Science**, v.41, n.1, p.255-261, 1995b.
- FURLAN, A.C. **Exigência nutricional de fósforo e uso de fosfatos naturais de rocha na alimentação de de coelhos em crescimento**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 160p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- FURTADO, C.E. **Avaliação da disponibilidade biológica e da perda endógena fecal de fósforo para equínos em crescimento. Efeitos de fontes e níveis de fósforo**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1996. 146p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 1996.
- FURTADO, C.E.; TOSI, H. Gaiolas de metabolismo para equínos. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.192.
- GRACE, N.D. Phosphorus kinetics in the sheep. **British Journal of Nutrition**, v.45, p.367-374, 1981.
- KICHURA, T.S.; HINTZ, H.F.; SCHRYVER, H.F. Factors influencing endogenous phosphorus losses in ponies. In: PROCEEDING EQUINE NUTRITION PHYSIOLOGY SYMPOSIUM, 8., 1983, California. **Proceedings...** California, 1983. p.60-65.
- LOPES, J.B. **Cinética e metabolismo do fósforo em ruminantes e não ruminantes: modelos matemáticos**. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 1999. 84p. Relatório (Pós-Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura / Universidade de São Paulo, 1999.
- LOPES, J.B.; FURTADO, C.E.; VITTI, D.M.S.S. et al. Metabolismo do fósforo em equínos. 1. Avaliação dietética de diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1339-1347, 2003.
- LOPES, J.B.; VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L. et al. Modelo do fluxo do fósforo de fontes de fosfato em suínos, usando-se o ³²P como marcador. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.165-173, 2001.
- McDOWELL, L.R. **Mineral in animal and human nutrition**. San Diego, California: Academic Press, 1992. 524p.
- MEYER, H.; STADERMANN, B. Use of urine analysis to estimate mineral supply of horses. **Advances Animal Physiological Nutrition**, v.21, p.86-97, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Requirements of domestic animals. Nutrient requirements of horses**. 5.rev.ed. Washington, D.C.Ç National Academy of Sciences, 1989. 100p.
- OTT, E.A. dietary nutrient allowances for horses. **Feedstuffs**, v.64, n.29, p.77-80, 1995.
- SAUVANT, D.; BAUMONT, R.; FAVERDIN, P. Development of a mechanistic model of intake and chewing activities of sheep. **Journal of Animal Science**, v.74, n.12, p.1785-2802, 1996.
- SCHNEIDER, K.N.; TERNOUTH, J.H.; SEVILLA, C.C. et al. A short-term study of calcium and phosphorus absorption in sheep fed on diets high and low in calcium and phosphorus. **Australian Journal Agricultural Research**, v.36, p.91-105, 1985.
- SCHRYVER, H.F.; HINTZ, H.F.; CRAIG, P.H. Phosphorus metabolism in ponies fed varying levels of phosphorus. **Journal Nutrition**, v.101, n.10, p.1257-1264, 1971.
- SCHRYVER, H.G.; HINTZ, H.F.; GRAIC, P.H. et al. Site of phosphorus absorption from the intestine of the horse. **Journal Nutrition**, v.102, n.1, p.143-148, 1972.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **System for linear models**. Cary: 1986. 211p.
- VITTI, D.M.S.S.; KEBREAB, E.; LOPES, J.B. et al. A kinetic model of phosphorus metabolism in growing goats. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2706-2712, 2000.
- VITTI, D.M.S.S.; LOPES, J.B.; ABDALLA, A.L. et al. Fluxo de fósforo (P) de diferentes fontes de fosfato em bovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, n.2, p.218-223, 2001.

Recebido em: 05/10/01

Aceito em: 28/04/03