



Disponibilidade biológica e exigências de cálcio em equinos em crescimento recebendo dietas com diferentes níveis de cálcio¹

Carlos Eduardo Furtado², João Batista da Silva Quadros³, Dorinha Miriam Silber Schmidt Vitti⁴, Ives Cláudio da Silva Bueno⁴, Raquel Souza Dias⁴, Ana Paula Roque⁴

¹ Pesquisa financiada pela FAPESP - Projeto 05/14532-5 e pelo CNPq - Projeto 470059/2004-4.

² Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá - PR.

³ Universidade Paranaense - UNIPAR, Umuarama - PR.

⁴ Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA, Piracicaba - SP.

RESUMO - Estudou-se o metabolismo de cálcio em equinos em crescimento recebendo dietas com diversos níveis desse mineral. Utilizaram-se 12 machos, com média de 12 meses de idade e peso vivo médio de 221,0 kg, mantidos com três dietas com 0,15; 0,45; ou 0,75 de cálcio e 0,23% de fósforo, constituindo um delineamento inteiramente casualizado, com três níveis de cálcio e quatro repetições. Foram injetados em cada animal, via jugular direita, os volumes de uma seringa, correspondentes a 7,4 MBq de ⁴⁵Ca (CaCl₂). Após a injeção, foram colhidas amostras (10 mL) de sangue, via jugular esquerda, aos 5 minutos, 1, 2, 4, 6, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas. As fezes foram colhidas diariamente pela manhã, a partir de 24 horas após a aplicação do radionuclídeo até o sétimo dia e uma alíquota de 5% do total diário excretado foi colhida e armazenada em congelador para posterior análise. O mesmo procedimento das fezes foi adotado para a urina, quando foram colhidas amostras de 1% do volume total diário. Os níveis de cálcio plasmático, cálcio total na urina e cálcio endógeno nas fezes não diferiram entre os níveis de cálcio com valores médios de 11,76; 5,54 e 20,86 mg/kgPV/dia, respectivamente. A disponibilidade biológica de cálcio (média de 81,71%) também não diferiu entre os níveis de cálcio. As regressões lineares entre níveis de cálcio na dieta e cálcio total ingerido, cálcio absorvido, cálcio total nas fezes e cálcio retido foram expressas, respectivamente pelas equações: $y=10,7+2,78x$ $r^2=1,0$; $y=12,41+2,24x$ $r^2=0,99$; $y=5,97+0,92x$ $r^2=0,93$ e $y=6,4+1,70x$ $r^2=0,94$, com médias de, respectivamente, 135,80; 113,21; 47,37 e 82,90 mg/kgPV/dia.

Palavras-chave: cavalos, homeostasia, mineral, radioisótopo

Biological availability and calcium requirements of growing equines receiving diets with different calcium levels

ABSTRACT - The objective of this work was to study the calcium metabolism in growing equines receiving diets with different calcium levels. Twelve male were used, with average age of twelve months and average alive weight of 221,0 kg. The treatments consisted of three diets, composed for increasing calcium levels (low = 0.15%-N₁₅; standard = 0.45%-N₄₅; high = 0.75%-N₇₅), and standard phosphorus level (0.23%). Each animal was injected, through the right jugular vein, the volumes of a syringe, which corresponded to about 7.4 MBq of ⁴⁵Ca (CaCl₂). After the injection, blood samples (10 mL) were collected through left jugular vein at five minutes, 1, 2, 4, 6, 24, 48, 72, 96, 120 and 144 hours. The feces were daily collected in the morning, 24 hours after the application of the radionuclide until the seventh day, and an aliquot of 5% of the daily total excreted was collected and stored in freezer for posterior analysis. The same procedure of excrements was adopted for urine, when samples of 1% of the daily total volume had been collected. The experimental techniques used a completely randomized design with three treatments and four replications. No effects were observed on the plasma calcium, total calcium in urine and endogenous calcium in feces, with average values of 11,76; 5,54 and 20,86 mg/kgLW/day, respectively. No effects were observed for the biological calcium availability, with 81.67%, on average. Linear regressions between calcium levels in the diet and total calcium ingested, absorbed calcium, total calcium in feces and restrained calcium have been respectively verified, which were expressed according to the following equations: $y=10.7+2.78x$ $r^2=1.0$; $y=12.41+2.24x$ $r^2=0.99$; $y=5.97+0.92x$ $r^2=0.93$ and $y=6.4+1.70x$ $r^2=0.94$, with averages of 135.80; 113.21; 47.37 and 82.90 mg/kgLW/day, respectively.

Key Words: homeostasis, horses, mineral, radioisotopic

Introdução

O cálcio é o mineral mais abundante no corpo, pois representa 46% do total dos minerais (99% deste total, no esqueleto). A função básica do cálcio é proporcionar estrutura de suporte e proteção à integridade do sistema ósseo (Underwood & Suttle, 1999), portanto, deve estar em quantidade adequada na dieta.

Em potros, o desequilíbrio nutricional de minerais mais freqüente é o da relação cálcio:fósforo da dieta (Capen, 1980). De acordo com Schryver et al. (1974a,b), a manutenção do animal com dieta desbalanceada leva ao desenvolvimento progressivo de distúrbios metabólicos ósseos. Diversas pesquisas (Schryver et al., 1970; Hintz et al., 1972; Argenzio et al., 1973; McKensie et al., 1981), abordam mecanismos que regulam o metabolismo do cálcio em eqüinos, porém com metodologias, raças e dietas diferentes das utilizadas no Brasil. Meyer et al. (1992) relataram que a regulação do metabolismo de cálcio é menos conhecida em eqüinos em comparação a outras espécies.

Na literatura internacional, existem poucas informações recentes sobre o metabolismo de cálcio em eqüinos, especialmente sobre a perda endógena e a eficiência de absorção, parâmetros que permitem estimar com precisão a exigência do animal.

Underwood & Suttle (1999) relataram que a exigência nutricional de cálcio para potros deve ainda ser baseada na composição do mineral relativa ao ganho de peso, à perda endógena e à eficiência de absorção. Segundo Hintz (1996), cavalos de 4 a 12 meses de idade e 500 kg necessitam de 29 a 36 g de cálcio/dia. Esse autor concluiu, entretanto, que a dificuldade em determinar níveis adequados de ingestão de cálcio está diretamente relacionada ao desconhecimento da composição e velocidade ótima do crescimento ósseo.

Utilizando pôneis, Van Doorn et al. (2004) estudaram o metabolismo de fósforo e cálcio fornecendo altos níveis de cálcio na dieta e enfatizaram a escassez de estudos e a ausência de relatos conclusivos sobre o metabolismo desses minerais, uma vez que os resultados da literatura são conflitantes.

O número reduzido de pesquisas no Brasil em nutrição mineral de eqüinos conduz os nutricionistas à consulta de tabelas estrangeiras de exigências nutricionais, que não são adequadas às condições nacionais. Neste sentido, Furtado et al. (2000a), em estudo sobre o metabolismo mineral em eqüinos, relataram que potros de raças nacionais podem apresentar exigências nutricionais inferiores às recomendadas em tabelas estrangeiras.

Desta forma, são importantes novos estudos no País para determinação do metabolismo do cálcio em eqüinos. Neste trabalho, estudou-se o metabolismo do cálcio em potros recebendo dietas com diferentes níveis de cálcio, visando estabelecer valores de metabolismo desse mineral mais próximos da realidade nutricional de eqüinos no Brasil.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda e Haras Braido, município de Cerqueira César, São Paulo, e no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.

Foram utilizados 12 eqüinos machos, com 12 meses de idade, em média, e peso vivo médio de 221,0 kg, em delineamento inteiramente casualizado, com três níveis de cálcio (0,15; 0,45; e 0,75) e quatro repetições.

Para obter os níveis de cálcio, utilizou-se uma dieta com nível padrão de fósforo (0,23%) suplementada com um núcleo mineral (Potensal[®]) como fonte adicional de cálcio (Tabelas 1, 2 e 3).

Foram realizadas análises bromatológicas, de acordo com as recomendações da AOAC (1980), do nível de fósforo (colorimetria), cálcio (espectrometria de absorção atômica) e flúor (Godfrey & Shrewsbury, 1945) do fosfato. As normas de alimentação foram de acordo com as recomendações do NRC (1989) e Ott (1995). Os animais receberam as dietas na razão de 2,6% do peso vivo/kg/animal/dia (60% de concentrado e 40% de volumoso-feno de Tifton 85), correspondendo a um consumo médio de 6,25 kg alimento/animal/dia.

Tabela 1 - Composição dos ingredientes das dietas experimentais (na MS)

	Milho ¹	Farelo de soja ¹	Feno de tifton 85 ²
Matéria seca (%)	89,77	89,31	91,73
Proteína bruta (%)	9,78	42,48	7,67
Energia bruta (kcal/kg) ¹	4.458,48	4.545,95	4.181,35
Cálcio (%)	0,05	0,35	0,26
Fósforo (%)	0,27	0,63	0,12
Fibra bruta (%)	1,86	6,46	30,49
Fibra detergente neutro (%)	9,36	17,77	84,55
Fibra detergente ácido (%)	2,75	11,57	41,37
Extrato etéreo (%)	4,14	2,17	2,06
Matéria mineral (%)	n.d	n.d	5,26
Lignina (%)	n.d	n.d	11,78

¹ Análises realizadas no LANA/DZO/UEM.

² Análises realizadas no LANA/CENA/USP.
n.d. = não determinado.

Tabela 2 - Composição das dietas experimentais (MS%)

	Nível de cálcio da dieta (%)		
	0,15	0,45	0,75
Milho - grãos moídos	49,06	49,06	49,06
Farelo de soja	10,94	10,94	10,94
Feno de tifton 85	40,00	40,00	40,00
Total	100,00	100,00	100,00
Núcleo mineral ¹	-	-	-
Composição analisada ²			
Matéria seca (%)	90,59	90,89	91,02
Proteína bruta (%)	11,87	11,90	11,72
Cálcio (%)	0,15	0,45	0,75
Fósforo (%)	0,23	0,23	0,23
Fibra bruta (%)	13,73	13,58	13,67
Fibra em detergente neutro (%)	49,72	50,97	50,95
Fibra em detergente ácido (%)	19,52	19,33	19,58
Extrato etéreo (%)	3,14	3,12	3,12
Matéria mineral (%)	3,82	4,24	4,76
Composição estimada ³			
Energia digestível (Mcal/kg)	2,68	2,68	2,68
Lisina (%)	0,47	0,47	0,47

¹ Núcleo mineral (Potensal[®]): sulfato de cobre - 61,60 mg; iodato de cálcio - 1,25 mg; sulfato de manganês - 173,00 mg; selenito de sódio - 0,50 mg; óxido de zinco - 76,00 mg; sulfato de cobalto - 2,50 mg; flor de enxofre - 450,00 g; óxido de magnésio - 700,00 g; cloreto de sódio - 2.840,00 g; calcário - 0,00 g (dieta com 0,15% de cálcio), 6.500 g (dieta com 0,45% de cálcio) e 13.000,00 g (dieta com 0,75% de cálcio).

² Análises realizadas na LANA/CENA/USP.

³ Valores estimados.

As dietas foram oferecidas em três refeições diárias, às 8, 13 e 18 h; o concentrado foi fracionado em partes iguais e 2/3 da quantidade do feno foi oferecida na última refeição (1,250 kg de concentrado/refeição e 0,500 kg + 0,500 kg + 1,490 kg de feno/refeição).

Durante o período pré-experimental, com duração de dez dias, os animais permaneceram na Fazenda e Haras Braido, foram vermifugados (vermífugo de amplo espectro-ivermectina/0,2 mg/kg de peso vivo), adaptados às dietas experimentais e ficaram em baias individuais de alvenaria semi-abertas, com área de 25 m², piso de cimento sem cama,

com bebedouro e comedouro de cimento. Os potros foram pesados no início e ao final deste período.

Durante o período experimental (sete dias), os animais foram mantidos no biotério do Laboratório de Nutrição Animal/CENA, construção de alvenaria com aproximadamente 200 m², em gaiolas para estudos de metabolismo, segundo modelo adaptado de Furtado et al. (2000b), onde receberam as dietas experimentais e água à vontade. Antes de iniciar o experimento, foram coletadas fezes de cada animal (aproximadamente 200 g) de fezes de cada animal para exame parasitológico (opg) além de plasma, fezes e urina para análise dos níveis de fósforo e cálcio inorgânico antes de injetar o elemento radioativo. Em seguida, foram injetados em cada animal, via jugular direita, os volumes de uma seringa, correspondentes a 7,4 MBq de ³²P (Na₂HPO₄). Após a injeção, foram colhidas amostras (10 mL) de sangue, via jugular esquerda, aos cinco minutos e 1, 2, 4, 6, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas. As fezes foram colhidas diariamente pela manhã, a partir de 24 horas após a aplicação do radionuclídeo até o sétimo dia, recolhendo-se uma alíquota de 5% do total diário excretado, que foi armazenada em congelador para posterior análise. O mesmo procedimento das fezes foi adotado para a urina, ou seja, foram colhidas amostras de 1% do volume total diário.

As soluções radioativas foram preparadas a partir de uma solução de fosfato de sódio com ³²P (Na₂HPO₄) ou solução de cloreto de cálcio aquoso com ⁴⁵Ca (CaCl₂), livre de carreador, fornecidas pelo Instituto de Pesquisas Energéticas de São Paulo (IPEN), utilizando-se solução salina estéril de NaCl a 0,87%. A solução padrão foi elaborada retirando-se uma alíquota de 0,5 mL da solução radioativa, que foi colocada em balão de 1 L completado com água destilada. A seguir, 100 mL desta solução foram transferidos para frascos de contagem, adicionando-se 19 mL de água destilada. Em seguida, foi feita a leitura da

Tabela 3 - Metabolismo de cálcio em equínos em crescimento mantidos com dietas com diferentes níveis de cálcio

Parâmetro	Nível de cálcio da dieta			Média	Efeitos principais	CV (%)*
	0,15	0,45	0,75			
Ca consumido (mg/kgPV) ²	49,55	141,50	216,37	135,80	Y = 10,7+2,78x; r ² = 1,0	27,13
Ca plasmático (mg/dL) ¹	11,64	11,94	11,71	11,76	NS	5,79
Ca urina (mg/kgPV) ¹	0,93	5,29	10,39	5,54	NS	161,70
Ca fezes (mg/kgPV) ²	24,24	38,46	79,41	47,37	Y = 5,97+0,92x; r ² = 0,93	21,52
Ca endógeno (mg/kgPV) ¹	17,21	17,33	28,04	20,86	NS	47,42
Ca absorvido (mg/kgPV) ²	42,49	120,37	176,77	113,21	Y = 12,41+2,24x; r ² = 0,99	30,41
Disponibilidade biológica (%) ¹	84,63	84,17	76,33	81,71	NS	6,95
Ca retido (mg/kgPV) ²	24,37	97,76	126,58	82,90	Y = 6,4+1,7x; r ² = 0,94	34,31
Peso vivo (kg)	223,47	218,26	221,28	221,00	NS	32,08

¹ Médias não diferem significativamente (P>0,05).

² Médias diferem significativamente (P<0,05).

* Coeficiente de variação.

radioatividade em espectômetro de cintilação líquida Tri-carb TR (PACKARD), por meio de efeito Cerenkov.

O plasma foi separado por centrifugação (3.000 rpm – 10 minutos) e, após a precipitação das proteínas com ácido tricloroacético (10%), foram determinados os níveis de fósforo inorgânico conforme descrito por Fiske & Subbarow (1925) e cálcio inorgânico, por espectrometria de absorção atômica (Zagatto et al., 1979). Para determinação da radioatividade, 1 mL de plasma foi adicionado em 19 mL de água destilada em frasco de contagem. As fezes (1 g) foram secas (100 °C) e digeridas com ácido clorídrico para determinação do fósforo e do cálcio inorgânico por colorimetria empregando-se o método do vanadato e molibdato de amônio. Um grama de fezes foi digerido em 5 mL de ácido sulfúrico 1:1 e o volume total foi transferido para frascos de contagem após completar o volume para 20 mL. As amostras de urina foram digeridas a quente em ácido clorídrico e levadas a mufla. As cinzas foram diluídas em ácido clorídrico com volume ajustado em balão volumétrico de 10 mL, segundo Morse et al. (1992), para determinação do fósforo e do cálcio inorgânico pelo método do vanadato e molibdato de amônio. A atividade radioativa foi medida por efeito Cerenkov segundo a International Atomic Energy Agency (IAEA, 1979), após a adição de 1 mL de urina em 19 mL de água destilada em frasco de contagem.

Com a obtenção das atividades específicas nas fezes, no plasma e na urina determinou-se o metabolismo do

cálcio, segundo equações propostas por Lofgreen & Kleiber (1953). As análises foram realizadas nos laboratórios da Seção de Ciências Animais do CENA, e as contagens das amostras radioativas foram transferidas para contagem na Seção de Ecologia do CENA.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS (1986) e o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = b_0 + b_1 X_i + e_{ij}$, em que: Y_{ij} é a estimativa da resposta medida, considerada para o nível de cálcio i e o animal j ($i = 1,2,3$), ($j = 1,2,3,4$); b_0 , o coeficiente linear do modelo (constante); b_1 , o coeficiente das variáveis independentes X_i (níveis de cálcio); X_i , as variáveis independentes ($i = 1,2,3$); e_{ij} , o erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

Resultados e Discussão

Os valores obtidos para cálcio total ingerido (Tabela 3) foram 49,55; 141,50 e 216,37 mg/kgPV/dia para os níveis de 15, 45 e 75% de cálcio na dieta, respectivamente, o que correspondeu a consumo diário de 10,27; 27,99 e 46,89 g de cálcio. Segundo o NRC (1989) e Ott (1995), equínos em crescimento com 12 meses de idade, peso vivo à idade adulta previsto de 450 kg e moderada velocidade de crescimento devem consumir 23 a 27 g de cálcio/dia.

Verificou-se regressão linear entre níveis de cálcio na dieta e o nível de cálcio total ingerido, expressa pela equação $y = 10,7 + 2,78x$; $r^2 = 1,0$ (Figura 1).

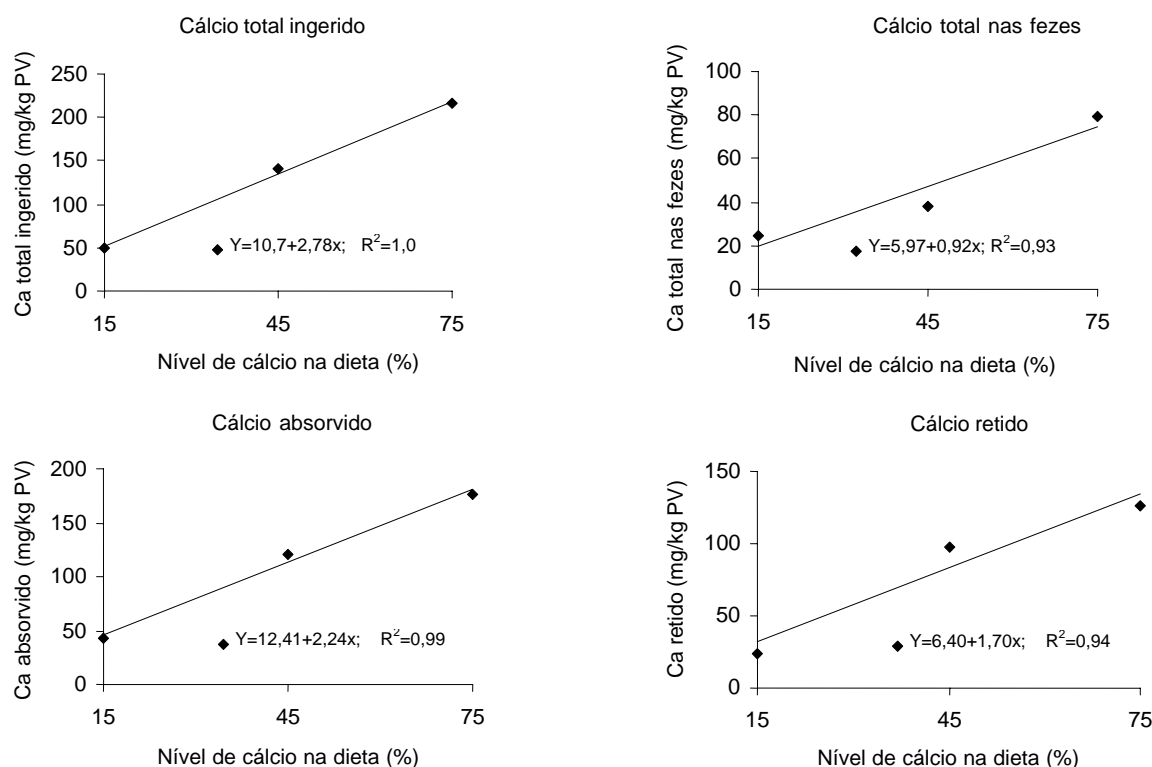


Figura 1 - Metabolismo do cálcio em equínos.

As concentrações de cálcio no plasma (Tabela 3) não diferiram entre os níveis testados e foram de 11,64; 11,94 e 11,71 mg/dL, respectivamente, para os níveis de 0,15; 0,45 e 0,75 % de cálcio na dieta. Esses resultados confirmam os obtidos por diversos autores. Valores próximos foram obtidos por Schryver et al. (1970), que, em pesquisa com pôneis, avaliaram três níveis de cálcio na dieta (0,15 a 1,50%) e não observaram diferenças entre esses níveis ($P < 0,05$), com concentrações médias de cálcio no plasma de 11,70; 11,66 e 11,30 mg/dL. Argenzio et al. (1973), estudando a homeostase do cálcio em potros mantidos com dietas com diferentes níveis de cálcio, também obtiveram valores de 11,1 a 11,8 mg/dL. Da mesma forma, Buchholz-Bryant et al. (2001), estudando a suplementação de cálcio em equínos de diversas idades e duas dietas experimentais (alto e muito alto consumo), observaram que as concentrações de cálcio plasmático mantiveram-se nos padrões normais (10,4 a 13,4 mg/dL). Os autores ressaltaram, entretanto, que os animais responderam aos níveis de cálcio na dieta por diversos mecanismos, sempre mantendo a concentração plasmática normal do elemento pela elaborada regulação de um sistema hormonal.

Os valores de cálcio total na urina (Tabela 3) foram de 0,93; 5,29 e 10,39 mg/kgPV/dia, respectivamente, para os níveis de 0,15; 0,45; e 0,75% de cálcio na dieta e não diferiram ($P < 0,05$) entre si, mas foram semelhantes aos valores descritos na literatura.

Hintz & Shryver (1972), em pesquisa com pôneis mantidos com dietas contendo 0,30 a 0,44% de cálcio, obtiveram valores de cálcio na urina entre 6,8 e 11,2 mg/kgPV/dia, enquanto Argenzio et al. (1973), avaliando o balanço de cálcio em pôneis mantidos com dietas com baixos níveis de cálcio (0,4%), relataram que a excreção de cálcio na urina foi entre 4,7 e 5,0 mg/kgPV/dia.

Pesquisas comprovam que níveis crescentes de cálcio na dieta de equínos aumentam a excreção urinária desse mineral. Schryver et al. (1970), utilizando pôneis e níveis 0,15; 0,80 e 1,5% de cálcio obtiveram, respectivamente, 5,5; 21 e 33 mg/kgPV/dia de cálcio excretado na urina, enquanto Van Doorn et al. (2004), em pôneis mantidos com dietas contendo três níveis de cálcio (147,9; 315,6 e 535,2 mg/kgPV/dia), obtiveram valores de cálcio na urina de, respectivamente, 49,6; 62,2 e 84,6 mg/kgPV/dia e relataram que o aumento nos níveis de cálcio na dieta elevaram a excreção urinária desse mineral, provavelmente em virtude do menor consumo de cálcio.

Apesar de numericamente os resultados de excreção urinária de cálcio deste experimento sugerirem a ocorrência de aumento da eliminação do mineral pela urina com seu aumento na dieta, de 0,93 para 10,39 mg/kgPV/dia –

indicando que a excreção renal de cálcio pode ser importante mecanismo na homeostasia desse elemento, juntamente com a excreção fecal – na análise estatística não houve diferença ($P < 0,05$) entre os níveis de cálcio avaliados. Frape (1992) atribuiu aos rins a participação intensa no controle dos níveis sanguíneos do cálcio.

Os valores obtidos para cálcio total nas fezes (Tabela 3) foram 24,24; 38,46 e 79,41 mg/kgPV/dia para os níveis de 0,15; 0,45; e 0,75% de cálcio na dieta, respectivamente. Verificou-se regressão linear entre os níveis de cálcio na dieta e os níveis de cálcio total nas fezes, expressa pela equação $y = 5,97 + 0,92x$; $r^2 = 0,93$ (Figura 1).

Os resultados obtidos neste trabalho para a excreção de cálcio nas fezes confirmam a bibliografia consultada e indicam que, em equínos, quando se eleva o consumo de cálcio, a excreção fecal constitui mecanismo importante na manutenção da homeostasia deste mineral (Schryver et al., 1970; Hintz & Shryver, 1972; Argenzio et al., 1973; Van Doorn et al., 2004). Segundo McDowell (1992), o cálcio fecal é a combinação do cálcio dietético não-absorvido e o cálcio endógeno não-reabsorvido. Portanto, qualquer fator que influencie sua absorção afetará a quantidade encontrada nas fezes.

Os valores de cálcio endógeno nas fezes (Tabela 3) foram de 17,21; 17,33 e 28,04 mg/kgPV/dia, respectivamente, para os níveis de 0,15; 0,45; 0,75% e não diferiram ($P < 0,05$) entre si.

Esses resultados indicam que a perda endógena de cálcio é constante em equínos. Schryver et al. (1970) obtiveram em pôneis valores médios de 22,0; 20,0 e 24,0 mg/kgPV/dia para níveis de 0,15; 0,80 e 1,5% de cálcio na dieta, respectivamente, e concluíram que a perda endógena fecal de cálcio é constante (22 mg/kgPV/dia) e não depende dos níveis de cálcio ingerido, o que está de acordo também com os resultados obtidos por McKenzie et al. (1981) e Swartzman et al. (1978).

Neste experimento, a excreção endógena fecal de Ca não foi afetada pelos níveis de Ca nas dietas. Os valores obtidos (média de 20,86 mg/kgPV/dia) encontram-se próximos ao relatado pelo NRC (1989) (20 mg/kgPV/dia), por outro lado inferior ao relatado pelo NRC (2007), de 32 a 36 mg/kgPV/dia.

Os valores obtidos para cálcio absorvido (Tabela 3) foram de 42,49; 120,37 e 176,77 mg/kgPV/dia, para os níveis de 0,15; 0,45 e 0,75% de cálcio na dieta, respectivamente. Verificou-se relação linear entre os níveis de cálcio na dieta e os níveis de cálcio absorvido, expressa pela equação $y = 12,41 + 2,24x$; $r^2 = 0,99$ (Figura 1).

A absorção de cálcio nesta pesquisa foi influenciada pelos níveis desse mineral nas dietas, com valores mais

altos a partir do nível padrão (0,45%) de consumo de cálcio. Entretanto, considerando o consumo de cálcio, percentualmente, a absorção diminuiu no nível mais alto de consumo, caindo de 85,07 para 76,26%, o que indica menor capacidade de aproveitamento do elemento para níveis elevados de consumo.

Em equinos a literatura é escassa, mas os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por outros pesquisadores. Schryver et al. (1970), utilizando pôneis e dietas com três níveis de cálcio (0,15; 0,80 e 1,5%), obtiveram valores médios de 2,0; 6,4 e 11,3 g/100kg PV/dia para cálcio absorvido e concluíram que a quantidade de cálcio absorvido é diretamente proporcional à ingerida, entretanto, o percentual de cálcio absorvido é inversamente proporcional ao do cálcio ingerido.

A disponibilidade biológica de cálcio (Tabela 3) para os níveis de cálcio utilizados neste trabalho não foi influenciada pelos níveis desse mineral nas dietas ($P>0,05$). Os valores percentuais médios encontrados para níveis de 0,15; 0,45 e 0,75% foram 84,63; 84,17 e 76,32%, respectivamente.

Os valores de disponibilidade biológica do cálcio neste estudo, para todos os níveis, foram superiores aos da literatura correlata. Schryver et al. (1970), em pesquisa com pôneis, relataram disponibilidade biológica de cálcio em torno de 70% para dietas com níveis de cálcio de manutenção, entretanto, quando os níveis de cálcio ingerido foram elevados quatro vezes, a disponibilidade biológica caiu para 50%. Da mesma forma, Hintz & Schryver (1972) avaliaram a disponibilidade biológica de cálcio de vários suplementos em pôneis e relataram que a disponibilidade biológica do cálcio é de aproximadamente 70% quando o cálcio ingerido não é superior a 25% das exigências de manutenção.

Os valores obtidos para cálcio retido (Tabela 3) foram de 24,37; 97,76 e 126,58 mg/kgPV/dia para os níveis de 0,15; 0,45 e 0,75% de cálcio na dieta, respectivamente, que representam 49,18; 69,08 e 58,50% do cálcio consumido. Verificou-se regressão linear entre níveis de cálcio na dieta e cálcio retido, expressa pela equação $y=6,4+1,70x$; $r^2=0,94$ (Figura 2).

A relação positiva entre cálcio consumido e retido observada neste trabalho confirma os resultados de pesquisas realizadas com equinos.

Os resultados obtidos por Schryver et al. (1970), em pôneis recebendo três níveis de cálcio na dieta (0,15; 0,80 e 1,50%), e por Hintz & Schryver (1972), em pôneis recebendo dietas contendo 0,30 a 0,44% de cálcio, indicam relação positiva entre o nível de cálcio ingerido e a retenção desse mineral. Da mesma forma, van Doorn et al. (2004), também trabalhando com pôneis e três níveis de cálcio (147,9; 315,6 e 535,2 mg/kgPV/dia), obtiveram valores para cálcio retido de 13,5; 27,0 e 65,6 mg/kgPV/dia e observaram que os níveis de cálcio ingerido elevaram significativamente a retenção desse mineral.

Neste trabalho, a retenção de cálcio foi influenciada pelos níveis desse elemento nas dietas e foi maior a partir do nível médio (0,45%) de consumo de cálcio nas dietas. Entretanto, considerando o consumo de cálcio, percentualmente, a retenção diminuiu no nível mais alto de consumo, caindo de 69,09 para 58,50%, o que indica menor capacidade de aproveitamento do elemento para níveis elevados de consumo.

Nesta pesquisa, a eficiência média de absorção real (disponibilidade biológica) de cálcio foi de 81,71%, e a perda endógena fecal, média de 20,85 mg/kgPV/dia. Assim

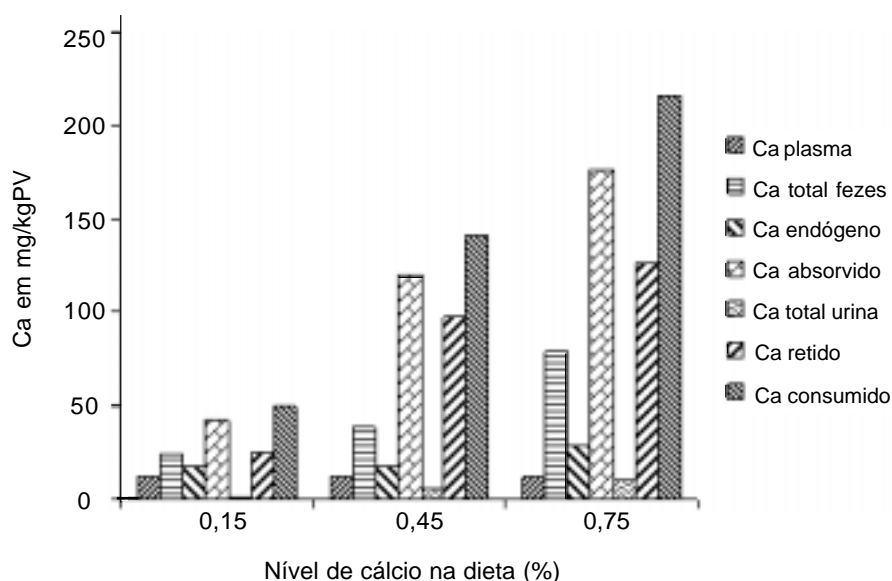


Figura 2 - Parâmetros relacionados ao metabolismo de cálcio.

nas mesmas condições experimentais, potros necessitariam de 25,52 mg/kgPV/dia ($20,85 \times 100/81,71$) de cálcio para manter o balanço da perda metabólica fecal do elemento. Os requerimentos de cálcio para ótimo desenvolvimento ósseo de potros descritos pelo NRC (1989, 2007) baseiam-se na estimativa de que o animal deposita aproximadamente 16 g/dia de cálcio por kg de ganho de peso (Schryver et al., 1974b).

Nas condições deste trabalho, as exigências de cálcio para potros com peso vivo médio de 221,0 kg podem ser calculadas considerando: deposição de 16 g de Ca/kg ganho de peso; 0,68 kg de ganho de peso e eficiência de absorção de 81,71% ($16 \text{ g} \times 0,68 \text{ kg}/0,8171\%$) = 13,32 g, em adição à exigência de manutenção ($221,0 \text{ kg} \times 25,52 \text{ mg}$) = 5,64 g, totalizando exigência de 19,0 g de cálcio por dia, valor inferior ao previsto pelo NRC (1989) e por Ott (1995), de 23 a 27 g de cálcio/animal/dia. Por outro lado, os resultados obtidos neste trabalho para potros em crescimento são bastante inferiores aos descritos pelo NRC (2007), de 33 g, que consideram valores de perda metabólica do elemento muito superiores ao determinado neste estudo.

Conclusões

A disponibilidade biológica de cálcio não é influenciada pelos níveis de cálcio nas dietas e pode ser mais alta que a descrita na literatura correlata. Nas condições experimentais, os resultados obtidos, de 19,0 g de cálcio/animal/dia, sugerem que as exigências de cálcio de eqüinos criados em condições brasileiras são menores que as preconizadas em tabelas internacionais de exigências nutricionais para eqüinos.

Literatura Citada

- ARGENZIO, R.A.; LOWE, J.E.; HINTZ, H.F. et al. Calcium and phosphorus homeostasis in horse. **Journal of Nutrition**, v.104, n.1, p. 18-24, 1973.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 13.ed. Washington: 1980. 1018p.
- BUCHHOLZ-BRYANT, M.A.; BAKER, L.A.; PIPKIN, J.L. et al. The effect of calcium and phosphorus supplementation, inactivity, and subsequent aerobic training on the mineral balance in young, mature and aged horses. **Journal of Veterinary Science**, v.21, n.2, p.71-77, 2001.
- CAPEN, C.C. The calcium regulating hormones: parathyroid hormone, calcitonin and cholecalciferol. In: McDONALD, L.E. (Ed.) **Veterinary endocrinology and reproduction**. 3.ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1980. p.60-130.
- FISKE, C.H.; SUBBARROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. **Journal of Biological Chemistry**, v.66, n.2, p.375-400, 1925.
- FRAPE, D. **Nutrición y alimentación del caballo**. Zaragoza: Acribia, 1992. 404p.
- FURTADO, C.E.; TOSI, H.; VITTI, D.M.S.S. Perda endógena e absorção real de fósforo em dietas para eqüinos em crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.1023-1028, 2000a.
- FURTADO C.E.; TOSI, H.; VITTI, D.M.S.S. Gaiola de metabolismo para eqüinos. **Acta Scientiarum**, v.22, n.3, p.813-816, 2000b.
- GODFREY, S.L.; SHREWBURY, C.L. Determination of fluorine in minerals and bones. **Association of Agricultural Chemistry**, v.28, p.437-443, 1945.
- HINTZ, H.F.; SCHRYVER, H.F. Availability of ponies of calcium and phosphorus from various supplements. **Journal of Animal Science**, v.34, n.4, p.979-980, 1972.
- HINTZ, H.F. Mineral requirements in the horse: a historical perspective. In: FOCUS ON EQUINE NUTRITION. MINERAL REQUIREMENTS AND MANAGEMENT OF GROWING HORSE, 1996, Kentucky. **Proceedings...** Kentucky: 1996. p.1-7.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. **Laboratory training manual on the use of nuclear techniques in animal research**. Vienna: 1979. 299p. (Technical Report Series, 193).
- LOFGREEN, G.P.; KLEIBER, M. The availability of the phosphorus in alfalfa hay. **Journal of Animal Science**, v.12, n.2, p.366-371, 1953.
- McDOWELL, L.R. **Mineral in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press, 1992. 524p.
- MEYER, H.; STADERMANN, B.; SCHNURPEL, B. et al. The influence of type of diet (roughage or concentrate) on the plasma level, renal excretion and apparent digestibility of calcium and magnesium in resting and exercising horses. **Journal of Equine Veterinary Science**, v.12, n.4, p.235-241, 1992.
- MCKENSIE, R.A.; BLANEY, B.J.; GARTNER, R.J.W. The effect of dietary oxalate on calcium, phosphorus and magnesium balances in horses. **Journal of Agricultural Science**, v.97, n.1, p.69-74, 1981.
- MORSE, D.; HEAD, H.H.; WILLOX, C.J. et al. Effects of concentration of dietary phosphorus on amount and route of excretion. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3039-3949, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of horses**. 5.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1989. 100p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of horses**. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 2007. 341p.
- OTT, E.A. Dietary nutrient allowances for horses. **Feedstuffs**, v.64, n.29, p.77-80, 1995.
- SCHRYVER, H.F.; GRAIG, P.H.; HINTS, H.F. Calcium metabolism in ponies fed varying levels of calcium. **Journal of Nutrition**, v.100, n.5, p.955-964, 1970.
- SCHRYVER, H.F.; HINTS, H.F.; LOWE, J.E. Calcium and phosphorus in the nutrition of the horse. **Cornell Veterinary**, v.64, n.4, p.493-515, 1974a.
- SCHRYVER, H.F.; HINTS, H.F.; LOWE, J.E. et al. Mineral compositions of the whole body, liver and bone of young horses. **Journal of Nutrition**, v.104, n.1, p.126-134, 1974b.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **System for linear models**. Cary: SAS Institute, 1986. 211p.
- SWARTZMAN, J.A.; HINTZ, H.F.; SCHRYVER, H.F. Inhibition of calcium absorption in ponies fed diets containing oxalic acid. **American Journal of Veterinary Research**, v. 49, p.1621-1623, 1978.
- UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3.ed. Wallingford: CAB, 1999. 614p.
- Van DOORN, D.A.; Van der SPEK, M.E.; EVERTS, H. et al. The influence of calcium intake on phosphorus digestibility in mature ponies. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.88, p.412-418, 2004.
- ZAGATTO, E.A.G.; KRUG, F.J.; BERGAMIN FILHO, H. et al. Merzing in flow injection analysis. Part 2. Determination of calcium, magnesium and potassium in plant material by flow injection atomic and flame emission spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, v.104, p.279-284, 1979.