



Exigências nutricionais em macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) para novilhos de diferentes grupos genéticos

Fernando de Paula Leonel¹, José Carlos Pereira², Ricardo Augusto Mendonça Vieira³, José Antônio de Freitas⁴, Alecssandro Regal Dutra⁵, Adhemar Ventura de Lima⁶, Marinaldo Divino Ribeiro¹, Marccone Geraldo Costa¹

¹ Pós-Graduação em Zootecnia do DZO/CCA/UFV.

² Departamento de Zootecnia - UFV, Viçosa, MG, CEP 36571-000. Bolsista do CNPq.

³ LZNA/CCTA/UENF.

⁴ UFPR – Campus Palotina.

⁵ UEG – Goiânia.

⁶ FENORTE/UENF.

RESUMO - Determinaram-se as exigências em macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) utilizando-se 44 novilhos não-castrados, pertencentes a quatro grupos genéticos (Nelore; F1 Nelore x Aberdeen-Angus; F1 Nelore x Pardo-Suíço e F1 Nelore x Simental), com média de 10 e 11 meses de idade e peso vivo inicial de 362 ± 35 kg. A ração experimental foi composta de feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), farelo de soja, milho (grão moído), melaço em pó e suplementos de macro e micronutrientes inorgânicos. As exigências líquidas para ganho de peso, em cada macronutriente, foram obtidas por meio da derivada primeira de suas respectivas equações, estimadas a partir de regressão não-linear do conteúdo do nutriente (Ca, P, Mg, Na e K), em função do peso de corpo vazio do animal. Para conversão do peso vivo em peso de corpo vazio, utilizou-se a equação obtida a partir da regressão do peso corporal vazio dos animais experimentais em função de seus pesos imediatamente antes do abate. As exigências de manutenção foram estimadas de acordo com as recomendações do NRC e ARC e os coeficientes de absorção adotados para os cinco macronutrientes foram aqueles propostos pelo ARC. O teste de identidade de modelos indicou não haver diferenças entre as equações de regressão para os minerais entre os quatro grupos genéticos estudados. Não foram verificadas, pela análise de variância, diferenças entre as exigências de macrominerais entre os diferentes grupos genéticos.

Palavras-chave: bovino de corte, nutrição, novilhos, retenção mineral

Macrominerals (Ca, P, Mg, Na, and K) requirements for young bulls from different genetic groups

ABSTRACT - The objective of this trial was to determine the macrominerals requirements (Ca, P, Mg, Na, and K) for young bulls from different genetic groups. Forty-four young bulls from the following genetic groups were used: Nelore, F1 Nelore x Aberdeen-Angus, F1 Nelore x Brown Swiss, and F1 Nelore x Simmental. Animals averaged 362 ± 35 kg of initial body weight and between 10 to 11 months of age. Diet contained signal grass hay (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), soybean meal, ground corn, molasses, and macro and microminerals premix. The net requirements for weight gain of each macromineral were obtained by the first derivative of their respective equations generated from non-linear regression of the mineral content (Ca, P, Mg, Na, and K) in function of the animal empty body weight. The equation obtained from regressing empty body weight on weights taken immediately before slaughter was used for the conversion of body weight into empty body weight. The macrominerals requirements for maintenance were estimated using the NRC and ARC models recommendation while absorption coefficients used were those proposed by the ARC model. The model test of identity indicates no difference comparing regression equations for all studied macrominerals among the four genetic groups.

Key Words: beef cattle, minerals, mineral retention, nutrition, steers

Introdução

Na produção animal, tem-se como objetivo principal o fornecimento de proteína de alta qualidade para atender às necessidades alimentares da população, devendo ser, acima de tudo, economicamente viável, a um custo financeiro

acessível, que permita a aquisição pelas classes sociais de menor renda. No Brasil, os bovinos concorrem principalmente com suínos e frangos e contribuem de forma significativa para satisfazer à demanda protéica da população (Pádua, 1999).

Contudo, para o sucesso da bovinocultura, é necessária atenção à alimentação, pois esse item é responsável por

uma parcela considerável dos custos de produção. Logo, a determinação mais exata das exigências nutricionais em energia, proteína, minerais e vitaminas para a desejada taxa de ganho de peso dentro do sistema de produção é essencial para a sustentabilidade da atividade.

Embora os macronutrientes minerais estejam presentes no corpo dos animais em menores proporções que, por exemplo, as frações protéicas e lipídicas, são responsáveis por funções vitais no organismo (Coelho da Silva, 1995). Deficiências em um ou mais desses elementos podem resultar em desordens nutricionais sérias, ocasionando no animal desempenho produtivo e reprodutivo aquém de seu potencial.

A exigência total de cada macroelemento mineral é obtida por meio da soma das exigências para manutenção e produção, utilizando-se mais frequentemente o método fatorial para predição das necessidades de minerais para bovinos (ARC, 1980). A partir da correção da exigência total pelo coeficiente de absorção do elemento inorgânico no trato digestivo do animal, obtém-se a exigência dietética de elemento mineral.

Ressalta-se que a maior parte dos bovinos abatidos no Brasil é criada em pastagem, composta geralmente por espécies forrageiras de elevado potencial de produção de matéria seca (plantas C_4), o que implica baixos teores em macronutrientes minerais, em razão do fator de diluição.

Outro fator crítico à nutrição mineral dos bovinos na pecuária brasileira é a localização dos sistemas de produção, marginalizada quanto à fertilidade dos solos, refletindo negativamente nos teores de minerais nas plantas, alimento básico dos bovinos.

Esses e outros fatores explicam os históricos de deficiências em minerais, como fósforo e magnésio, que, no passado, inviabilizaram a produção de bovinos sem suplementação em muitas regiões brasileiras.

O melhoramento genético, a implantação de novas espécies forrageiras e a racionalização do manejo possibilitaram a obtenção de maiores taxas de ganho de peso em bovinos, o que, de acordo com o princípio da conservação da matéria, resulta em naturais acréscimos na demanda por nutrientes.

Assim, objetivou-se com este trabalho apresentar modelos matemáticos para estimativa do conteúdo em minerais no corpo para ganho de peso de novilhos de corte. Avaliou-se, ainda, o efeito do grupo genético sobre a retenção dos nutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) no ganho de peso destes animais.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Instituto Melon de Estudos e Pesquisas, *Campus* da Fazenda Barreiro LTDA, localizado no município de Silvânia, Estado de Goiás.

Foram utilizados 44 novilhos não-castrados, pertencentes a quatro grupos genéticos: Nelore (NEL), F1 Nelore x Aberdeen-Angus (NELxAB), F1 Nelore x Pardo-Suíço (NEL x PS) e F1 Nelore x Simental (NEL x SIM) com média de 10 a 11 meses de idade e peso vivo inicial de 362 ± 35 kg, mantidos em baias individuais com 16 m^2 .

Três animais de cada grupo genético (12 no total) foram abatidos no início do experimento, servindo de referência para a estimativa da composição corporal daqueles mantidos no experimento até atingirem o peso de abate pré-estabelecido.

As rações, formuladas para se obterem ganhos médios de $1,2 \text{ kg/animal/dia}$, foram constituídas à base de volumoso, feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), e concentrado, farelo de soja, milho (grão moído), melaço em pó e macronutrientes inorgânicos complementares¹.

A distribuição das rações foi feita uma vez ao dia, em quantidade para permitir aproximadamente 10% de sobras. As quantidades de ração fornecida e de sobras foram registradas diariamente e, uma vez por semana, foram coletadas amostras da ração e das sobras, separadamente.

Os animais foram pesados inicialmente e a cada 30 dias (sem jejum prévio) e, quando se aproximaram do peso de abate pré-estabelecido (500 kg), foram submetidos a jejum prévio (16 horas) e abatidos.

Após o abate, o trato gastrointestinal foi esvaziado, minuciosamente lavado e pesado, computando-se os pesos de carcaça, dos órgãos e dos demais componentes do corpo para determinação do peso do corpo vazio (PCVZ).

Para cada animal abatido, foram coletadas amostras de cabeça, couro, pés, rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso, mesentério, gordura interna, coração, fígado, rins, baço, língua, sangue, esôfago, traquéia e aparelho reprodutor.

As carcaças foram pesadas no dia do abate e mantidas a -5°C durante 18 horas. Decorrido esse período, procedeu-se à coleta de uma amostra representativa da carcaça esquerda, correspondente à seção da 9^a à 11^a costela (seção HH), segundo técnica descrita por Hankins & Howe (1946).

A partir das proporções de músculo, tecido adiposo e ossos na seção HH, foram determinadas as proporções

¹ Carbonato de cálcio, fosfato bicálcico, óxido de magnésio, enxofre elementar (flor de enxofre), cloreto de sódio, cloreto de potássio, sulfato de cobalto, sulfato de cobre, iodato de potássio, sulfato de manganês, selenito de sódio e sulfato de zinco.

desses tecidos na carcaça, por meio das equações a seguir (Hankins & Howe, 1946):

$$\text{Músculo: } Y = 16,08 + 0,80 X$$

$$\text{Tecido adiposo: } Y = 3,54 + 0,89 X$$

$$\text{Ossos: } Y = 5,52 + 0,57 X$$

em que X é a porcentagem dos componentes da costela.

As amostras de carne, gordura, órgãos e vísceras foram moidas em máquina apropriada, enquanto as de couro (congelado) e ossos foram seccionadas utilizando-se “serra fita”. Em seguida, todas as amostras foram mantidas em estufa de ventilação forçada a 65°C, por 72 horas. Quando retiradas, constituíram-se na “matéria pré-seca gordurosa” (MPSG), que foi tratada com éter de petróleo e passou a ser designada matéria pré-seca pré-desengordurada (MPSPDG). Em seguida, a MPSPDG foi processada em moinho de bola e acondicionada em sacos plásticos.

As amostras de sangue, por sua vez, foram levadas diretamente para a estufa de ventilação forçada, onde foram mantidas por 72 horas. Em seguida, foram submetidas ao processamento em moinho de bola, sendo acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer até a fase de análise laboratorial.

As análises químicas foram realizadas no LNA do DZO/UFV, efetuando-se a preparação da solução mineral para determinação dos macronutrientes minerais por via úmida, de acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). Obtida a solução mineral, foram feitas as diluições para leitura nos equipamentos. O teor de fósforo foi determinado por colorimetria; os de cálcio e magnésio, em espectrômetro de absorção atômica; e os de sódio e potássio, em fotômetro de chama.

Os conteúdos corporais em macronutrientes minerais dos animais experimentais foram determinados a partir de suas concentrações na MPSPDG nos diferentes componentes do corpo (gordura, músculos e ossos da seção H, órgãos, vísceras, couro etc).

O peso na matéria natural de cada componente foi multiplicado pela porcentagem de MPSPDG, obtendo-se o conteúdo de MPSPDG em kg (Equação 1):

Equação 1: $MPSPDG(kg) = MN(kg) \times MPSPDG(\%)$, em que MN é matéria natural.

Como os resultados das análises químicas foram transformados em porcentagem da MPSPDG, o somatório do produto de todos os componentes corporais resultou no conteúdo total do mineral no corpo vazio do animal (Equação 2).

Equação 2: $\sum_{ij} X_i Y_j$, em que $X_i = \%$ do mineral no componente corporal e $Y_j = \text{kg de MPSPDG do componente}$.

O PCVZ dos animais foi determinado pelo somatório dos pesos de carcaça, cabeça, pés, couro, sangue, cauda, órgãos e vísceras.

A regressão estimada para a peso de corpo vazio (PCVZ) em função do peso dos animais vivos (PV) foi a seguinte:

$$PCVZ = 0,8739 \times PV - 16,995, R^2 = 0,8942$$

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Para a predição dos conteúdos líquidos dos macronutrientes minerais no corpo dos animais, foram ajustadas equações de regressão do conteúdo corporal de minerais (Ca, P, Mg, Na e K), de acordo com o peso de corpo vazio (PCVZ). Todo o procedimento foi feito segundo o ARC (1980), diferenciando apenas no fato de não se ter linearizado o modelo pela logaritmização. Assim, o modelo estatístico foi o seguinte:

$$Y_{ijk} = \alpha M_{ij}^{\beta} + \varepsilon_{ijk}$$

em que Y_{ijk} = observação referente ao conteúdo do mineral k no i -ésimo animal, pertencente ao j -ésimo grupo genético, com i variando de 1 a 8 e j variando de 1 a 4; α = constante inerente ao modelo; β = coeficiente de regressão do conteúdo do mineral k , conforme o PCVZ, para o grupo genético j , em que, $j = 1$ F1 Nelore x Aberdeen-Angus; 2 Nelore; 3 F1 Nelore x Pardo-suíço; 4 F1 Nelore x Simental; M_{ij} = massa de corpo vazio (em kg) do i -ésimo animal ao j -ésimo grupo genético; ε_{ijk} = erro aleatório associado à observação, suposto normal e independentemente distribuído com média 0 e variância σ^2 , ou seja, $\varepsilon_{ijk} \sim N(0; \sigma^2)$.

As análises de regressão não-linear para construção das equações e a análise de variância dos dados, a 5% de significância ($p < 0,05$), foram realizadas por meio do *Statistical Analysis System* for Windows (SAS 8.0, 1995). Na comparação entre grupos genéticos, quanto à composição corporal e às exigências em macronutrientes minerais, utilizou-se o teste de identidade de modelos não-lineares, de acordo com técnica proposta por Regazzi (2003), para se verificar a possibilidade de usar um modelo comum para todos os grupos genéticos, reunir dois ou três grupos em um modelo ou adotar um modelo para cada grupo genético. O procedimento estatístico baseia-se nas seguintes hipóteses: $H_0^{(1)} : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4$, $H_a^{(1)} : \text{pelo menos um } \alpha_i \text{ é diferente dos demais}$; $H_0^{(2)} : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$, $H_a^{(2)} : \text{pelo menos um } \beta_i \text{ é diferente dos demais}$, $H_0^{(3)} : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 \text{ e } \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4$, $H_a^{(3)} : \text{pelo menos uma igualdade é uma desigualdade sendo que } a_i \text{ e } b_i \text{ correspondem, respectivamente, aos } \alpha_i \text{ e } \beta_i \text{ dos modelos}$.

As exigências líquidas em macronutrientes (Ca, P, Mg, Na e K) para ganho de 1 kg de peso foram calculadas pela derivada primeira dos modelos não-lineares, obtidos a partir da relação alométrica (Brody, 1945; Kleiber, 1975), como segue:

$Y' = \alpha\beta M^{\beta-1}$; em que: Y' = exigência líquida do mineral (em g) para ganho de 1,0 kg de ganho de peso; α e β = constante inerente ao modelo e coeficiente de regressão, respectivamente, das equações de predição dos conteúdos corporais em minerais (Ca, P, Mg, Na e K); M = massa do corpo vazio em kg.

As exigências dietéticas foram obtidas por meio do somatório das exigências líquidas para manutenção e para ganho de peso, dividido pelo coeficiente de absorção do macronutriente mineral.

As exigências de cada macronutriente para manutenção foram consideradas como perdas endógenas inevitáveis nos processos metabólicos e estimadas de acordo com as recomendações dos sistemas ARC (1980) e NRC (1996).

Resultados e Discussão

A equação obtida por meio da regressão do PCVZ, conforme o peso vivo (Figura 1) e seus intervalos de confiança dos parâmetros da regressão na Tabela 1, baliza valores médios para o PCVZ em 85% do peso do animal vivo (PV). Esses valores são inferiores aos estimados pelas equações obtidas por Vêras et al. (2001) e àqueles apresentados por Paulino et al. (2004), extraídos da simples relação PCVZ/PV, que fornece valores de PCVZ de, aproximadamente, 89% do PV.

Essa diferença, apesar de pequena, pode ser explicada pelo fato de que esses autores trabalharam com animais de raças zebuínas, que, geralmente, possuem menor relação “peso da digesta/peso corporal total”, atribuída ao menor volume do trato gastrointestinal de animais dessa raça. As constatações de Carvalho (1989) confirmam esta afirmação, pois, em novilhos Nelore, Holandês, ½ sangue Nelore x Holandês e ¾ Nelore x Holandês, verificou valores de relação PCVZ/PV que variaram de 0,86 (Nelore) a 0,80 (Holandês), ficando os mestiços em posição intermediária.

Os conteúdos dos macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) retidos no corpo de cada animal foram submetidos à análise de regressão não-linear, em função do peso de corpo vazio dos animais. Com o ajuste dos dados, foi possível modelar equações para a estimativa dos conteúdos de cada um dos minerais estudados no corpo vazio dos animais. Os parâmetros dessas equações podem ser observados na Tabela 2.

O teste de identidade de modelos não-lineares (Regazzi, 2003) aplicado às equações de regressão do conteúdo dos macronutrientes Ca, P, Mg, Na e K, em função do PCVZ, revelou não haver diferenças ($P > 0,05$) entre os quatro grupos genéticos. Portanto, adotou-se uma equação comum para a estimativa do conteúdo desses minerais no corpo dos animais dos quatro grupos.

As estimativas do conteúdo de minerais no corpo dos animais utilizados neste trabalho, obtidas pelos respectivos modelos, forneceram valores cujas relações valores estimados/valores observados foram próximas de 1 para os cinco minerais estudados e seus desvios-padrão, iguais a 0,24; 0,35; 0,26; 0,13 e 0,11, respectivamente, para cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio.

Não foram detectadas pelo teste “F” da análise de variância diferenças para a retenção dos minerais entre os diferentes grupos genéticos ($p < 0,05$).

Estrada (1996), em estudo com novilhos Nelore, F1 Nelore x Holandês e F1 Nelore x Angus, analisou, pelo teste de identidade proposto por Graybill (1976), a regressão dos

Tabela 1 - Intervalo de confiança dos parâmetros da regressão do peso de corpo vazio, em função do peso vivo dos animais experimentais

Table 1 - Confidence interval of the regression parameters of empty body weight on body weight of the experimental animals

Parâmetro Parameter	Estimativa Estimate	Intervalo de confiança ($p = 0,95$) Confidence interval ($p = 0,95$)	
		Limite inferior Lower limit	Limite superior Upper limit
β_0	-16,9950	-59,0260	25,0363
β_1	0,8739	0,7820	0,9658

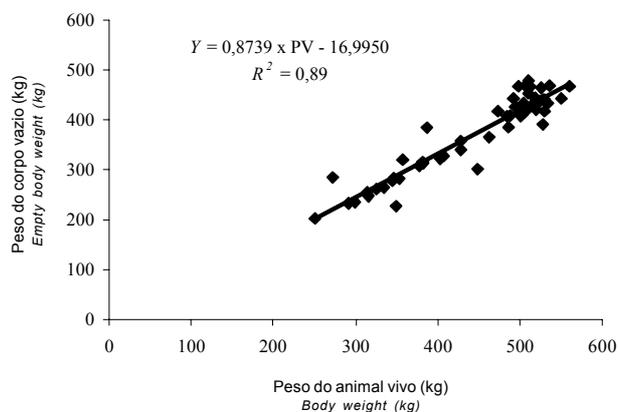


Figura 1 - Regressão do peso de corpo vazio, em função do peso vivo dos animais experimentais.

Figure 1 - Regression of empty body weight on body weight of the experimental animals.

Tabela 2 - Parâmetros e respectivos intervalos de confiança (95%) das equações de regressão dos conteúdos de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio (kg) no corpo vazio, em função do peso de corpo vazio (kg) de animais de quatro grupos genéticos
 Table 2 - Parameters and 95% confidence interval of the regression equations of the contents of calcium, phosphorus, magnesium, sodium and potassium (kg) in the empty body on the empty body weight (kg) for animals of four genetic groups

Macromineral <i>Macrominerals</i>	Constante inerente ao modelo <i>Constant inherent to the model</i>	Intervalo de confiança <i>Confidence interval</i>		Coefficiente de regressão <i>Regression coefficient</i>	Intervalo de confiança <i>Confidence interval</i>	
Cálcio <i>Calcium</i>	0,0901	-0,1888	0,3691	1,9040	1,3934	2,4145
Fósforo <i>Phosphorus</i>	35,7826	-19,7916	91,3568	0,7795	0,5211	1,0379
Magnésio <i>Magnesium</i>	0,0260	-0,0691	0,1212	1,5410	0,9369	2,1451
Sódio <i>Sodium</i>	2,2714	-0,5210	5,0638	0,9215	0,7172	1,1257
Potássio <i>Potassium</i>	1,2765	-0,2685	2,8216	1,1078	0,9071	1,3085

dados linearizados e não verificou diferenças entre as equações para estimativa dos cinco macronutrientes (Ca, P, Mg, Na e K) para os grupos F1 Nelore x Holandês e F1 Nelore x Angus. Porém, essas estimativas diferiram daquela estimada para o grupo Nelore.

Paulino et al. (1999), utilizando a mesma metodologia de comparação e as mesmas variáveis, não verificaram diferenças entre as equações de predição do conteúdo dos cinco minerais citados para quatro raças zebuínas.

Pires et al. (1993a), trabalhando com animais Nelore, Nelore x Marchigiana e Nelore x Limousin, constataram que a equação para estimativa do conteúdo corporal em cálcio no grupo Nelore diferiu daquelas dos grupos Nelore x Marchigiana e Nelore x Limousin, que não diferiram entre si. Todavia, os autores não observaram diferenças entre os três grupos para a estimativa da equação de predição do conteúdo corporal em fósforo.

Para o magnésio, Pires et al. (1993b) notaram diferenças entre as equações para predição do conteúdo do macronutriente no corpo dos animais dos três grupos. Para o sódio e potássio, contudo, o teste de identidade não comprovou diferenças entre as equações dos três grupos genéticos.

Essa heterogeneidade dos resultados indica a necessidade de refinamento da metodologia para as análises do conteúdo de minerais no corpo dos animais experimentais.

Considerando-se um novilho de 400 kg e a exigência de manutenção recomendada pelo NRC (1996), o valor do coeficiente de absorção estimado pelo ARC (1980) e a relação PV/PCVZ igual a 1,196 (PCVZ: $400 \div 1,196 = 334$) balizada neste trabalho, as necessidades dietéticas em cálcio podem ser estimadas de acordo com a Equação 3:

$$\text{Ca (g/dia)} = [(15,4/1000 \times 400) + (\text{GMD} \times 0,1715 \times 334^{(0,904)})] / 0,68,$$

o que resulta em exigência dietética em 57,35 g Ca d⁻¹.

O ARC (1965) estimou as exigências dietéticas de cálcio para um novilho de 400 kg de massa corporal ganhando 1 kg, em 37,2 g d⁻¹, ou seja, 65% dos 57,35 g estimados neste estudo. Os 31 g recomendados pelo NRC (1996) para a mesma condição representam apenas 54% da estimativa da Equação 3.

Os trabalhos encontrados na literatura nacional que apresentaram estimativas de exigências dietéticas em cálcio mais próximas desse estudo foram os de Carvalho (1989), que estimou em 47,87 g d⁻¹, e de Silva Sobrinho (1984), 41,26 g d⁻¹. Ressalta-se que a ausência de uma metodologia unificada para a estimativa das exigências líquidas de manutenção e de coeficientes de absorção únicos para cada elemento impossibilita a comparação criteriosa entre os valores de exigências dietéticas de elementos minerais estimados nos diferentes trabalhos.

Considerando-se ainda o mesmo animal supracitado, as recomendações para a exigência de manutenção e o coeficiente de absorção dos sistemas supracitados, as necessidades dietéticas em fósforo podem ser estimadas de acordo com a Equação 4:

$$\text{P (g/dia)} = [(16/1000 \times 400) + (\text{GMD} \times 27,89 \times 334^{(-0,2205)})] / 0,58,$$

que resulta em 24,38 em g P d⁻¹.

Este valor se aproxima da maioria dos encontrados na literatura nacional. Estrada (1996), em estudo com animais Nelore, F1 Nelore x Holandês e F1 Nelore x Angus, determinou exigências dietéticas de fósforo em 28,18 g d⁻¹ para os animais Nelore e em 26,24 g d⁻¹ para os mestiços. Entretanto, adotou as recomendações do AFRC (1991) como exigências para suprir as perdas endógenas desse mineral. Paulino et al. (1999), adotando as mesmas recomendações para as exigências de manutenção em animais de quatro raças zebuínas, estimaram em 26,09 g d⁻¹ as exigências

dietéticas de fósforo para um animal de 400 kg. Soares (1994), empregando a mesma metodologia, balizou essas exigências em 25,49 g d⁻¹.

O ARC (1965) estimou o valor de 28,6 g d⁻¹, enquanto, com o mesmo sistema revisto em 1980, a recomendação foi reduzida para 21 g d⁻¹. No NRC (1996), a recomendação foi 36% inferior ao valor estimado neste trabalho (Equação 4). Contudo, considerando-se o valor 0,68 para o coeficiente de absorção do elemento, as exigências previstas neste trabalho são de 19,39 g d⁻¹, valor próximo aos 18 g diários recomendados pelo sistema americano.

A exigência dietética em magnésio para um novilho de 400 kg pode ser calculada de acordo com a Equação 5:

$$\text{Mg (g/dia)} = [(3/1000 \times 400) + (\text{GMD} \times 0,04 \times 334^{(0,541)})] / 0,17,$$

A solução da Equação 5 resulta em 12,53 g d⁻¹ como exigência dietética de magnésio, o que supera em 32% as recomendações britânicas (ARC, 1980).

No Brasil, Silva Sobrinho (1984), em estudo envolvendo novilhos Nelore, Holandês e Nelore x Holandês, quantificou as exigências dietéticas de magnésio em 11,8 g d⁻¹ para um animal com 400 kg de massa corporal, ganhando 1 kg diariamente. Soares (1994), por sua vez, estimou essas exigências em 9,33 g d⁻¹ e Paulino et al. (2004), em 8,38 g diários.

A biodisponibilidade do magnésio para bovinos é baixa e variável, constituindo-se em uma contradição entre os valores estimados para as exigências dietéticas do macronutriente nos diferentes trabalhos.

Carvalho (1989) afirma que a disponibilidade do magnésio em forragens é de 10 a 25% e em grãos e concentrados, de 30 a 40%. Coelho da Silva (1995) ressaltou as variações individuais na absorção do elemento por bovinos, advertindo que essas diferenças podem ocorrer até em gêmeos homozigóticos da espécie.

Todavia, cita-se que a estimativa das exigências do elemento para ganho de peso, extraídas do modelo proposto neste trabalho, fornece valores mais elevados que aqueles reportados por Paulino et al. (1999) e Vêras et al. (2001), de 0,21 g d⁻¹ para um animal de 400 kg ganhando diariamente 1 kg de peso. Os valores obtidos por esses autores corroboram aqueles reportados por Lana et al. (1992) e Paulino et al. (2004), de 0,21 e 0,25 g de magnésio por dia, respectivamente, como exigências líquidas de um animal em situação semelhante.

Com base no exemplo trabalhado, a exigência dietética em sódio pode ser estimada pela Equação 6:

$$\text{Na (g/dia)} = [(6,8/1000 \times 400) + (\text{GMD} \times 2,0931 \times 334^{(-0,0785)})] / 0,91,$$

resultando em 4,45.

Considerando consumo de MS de 2,4% do peso do animal vivo, os 4,45 g d⁻¹ estimados representam aproximadamente 0,05% de sódio na ração total, valor próximo do recomendado pelo NRC (1996) como exigência nutricional do mineral.

A partir de dados compilados de vários trabalhos nacionais, Fontes (1995) determinou uma equação na qual se estima a exigência líquida para ganho de peso de um animal de 400 kg em 0,93 g Na kg⁻¹ ganho, o que representa 70% da estimativa obtida pela Equação 6.

Estrada (1996) desenvolveu seus estudos com novilhos Nelore, F1 Nelore x Holandês e F1 Nelore x Angus e estimou as exigências dietéticas do elemento em 4,08 g d⁻¹ para os animais Nelore e em 3,93 g diários para os mestiços, que representam, respectivamente, 92 e 88% dos 4,45 g estimados neste trabalho pela Equação 6.

Paulino et al. (1999), em bovinos de quatro raças zebuínas, determinaram as exigências dietéticas em 4,03 g Na d⁻¹ para um animal de 400 kg ganhando diariamente 1 kg. Carvalho (1989), para animais de mesma massa e igual taxa de ganho, estimou as exigências dietéticas do elemento em 4,71 g d⁻¹. Silva Sobrinho (1984), por sua vez, estimou essas exigências em 4,6 g d⁻¹.

O NRC (1996) elaborou uma equação para estimar as necessidades líquidas do macronutriente potássio para manutenção, que envolve as perdas urinárias, fecais, salivares, sudoríferas e o consumo de matéria seca pelo animal. Desse modo, considerando-se o mesmo novilho de 400 kg, com a mesma taxa de ganho de peso, consumindo matéria seca em uma proporção de 2,4% de seu peso corporal e o coeficiente de absorção adotado para o elemento pelo ARC (1980), podem-se estimar as exigências dietéticas em potássio conforme a Equação 7:

$$K(\text{g/dia}) = \left[\left(2,6 \times \frac{0,024}{400} \right) + (37,5/1000 \times 400) + \left(0,7 \times \frac{400}{100} \right) + 1,1 + (\text{GMD} \times 1,414 \times 334^{(0,078)}) \right] / i^*$$

*coeficiente de absorção considerado igual a 100%.

A solução da Equação 7 resulta no valor de 46,51 g K d⁻¹ como exigência do mineral.

O ARC (1980) recomendou como exigências em potássio a quantia de 43,38 g d⁻¹, que é 7% inferior aos 46,51 g diários estimados neste estudo. O NRC (1996) propõe como necessidades dietéticas de potássio a proporção de 0,6% do elemento na matéria seca consumida diariamente pelo animal. Seguindo essa relação, a quantia estimada pelo modelo proposto resulta em 0,5% de potássio na matéria seca total consumida.

Comparando com valores estimados em pesquisas realizadas no Brasil, constata-se certa consonância com os resultados da maioria dos trabalhos.

Soares (1994), utilizando bovinos machos não-castrados de diferentes grupos genéticos, estimou as exigências dietéticas em potássio para um animal de 400 kg ganhando 1 kg diariamente em 43,08 g d⁻¹, enquanto Paulino et al. (1999), em animais zebuínos, determinou exigências de 45,28 g d⁻¹.

Estrada (1996), em pesquisa envolvendo animais de diferentes grupos genéticos, e Paulino et al. (2004), com novilhos anelados, estimaram exigências dietéticas de potássio que, em média, são 94% das obtidas neste estudo.

Conclusões

Não foram verificadas diferenças entre as equações de regressão para os cinco nutrientes entre os quatro grupos genéticos estudados. Também não foram constatadas diferenças entre as retenções desses nutrientes no corpo dos animais.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. A **reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle**. 6.ed. Nutrition Abstract and Reviews (Series B). Wallingford: 1991. p.573-612.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: 1980. 351p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of farm livestock**. Technical Reviews and Sumaries. London: 1965. 264p.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1945. 1023p.
- CARVALHO, D.R. **Composição corporal e exigências nutricionais de macroelementos inorgânicos de bovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 84p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- COELHO DA SILVA, J.F. Exigências de macroelementos inorgânicos para bovinos: o sistema ARC/AFRC e a experiência no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.467-504.
- ESTRADA, L.H.C. **Composição corporal e exigências de proteína, energia e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), características da carcaça e desempenho do nelore e mestiços em confinamento**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1996
- FONTES, C.A.A. Composição corporal, exigências líquidas de nutrientes para ganho de peso e desempenho produtivo de animais zebuínos e mestiços europeu-zebu. Resultados experimentais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1., 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.419-455.
- GRAYBILL, F.A. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Duxburg Press, 1976. 704p.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. **Estimation of the composition of the beef carcasses and cuts**. Washington, D.C.: U.S.D.A. 1946. (Technical Bulletin, 926)
- KLEIBER, M. **The fire of life: an introduction to animal energetics**. Huntington: Robert E. Krieger Publishing Company, 1975. 453p.
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e do ganho de peso e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), de novilhos de cinco grupos raciais. 3. Conteúdo corporal e do ganho de peso e exigências de macroelementos minerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.4, p.538-544, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 242p.
- PÁDUA, J.T. O cruzamento industrial na bovinocultura de corte. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1999. p.35-56.
- PAULINO, M.F.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Composição corporal e exigências de macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos não-castrados de quatro raças zebuínas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.634-641, 1999.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Exigências nutricionais de zebuínos: minerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.770-780, 2004.
- PIRES, C.C.; FONTES, C.C.A.; GALVÃO, J.G. et al. Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento. III – Exigência de cálcio e fósforo para ganho de peso. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.1, p.133-143, 1993a.
- PIRES, C.C.; FONTES, C.C.A.; GALVÃO, J.G. et al. Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento. IV – Exigência de magnésio, sódio e potássio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.1, p.144-154, 1993b.
- REGAZZI, J.A. Teste para verificar a identidade de modelos de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. **Pesquisa Ceres**, v.50, n.287, p.9-26, 2003.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT. User's Guide**. 11.ed. Cary: 1995.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SILVA SOBRINHO, A.G. **Requerimentos de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para seis grupos genéticos de bovídeos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1984. 61p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- SOARES, J.E. **Composição corporal e exigências de macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) para ganho de peso e em bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Composição corporal e requisitos líquidos e dietéticos de macroelementos minerais de bovinos Nelore não-castrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.1106-1111, 2001 (supl. 3).

Recebido: 16/03/05
Aprovado: 15/09/05