

FERNANDO DE PAULA LEONEL

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM MACRONUTRIENTES MINERAIS (Ca,
P, Mg, Na e K) PARA NOVILHOS DE DIFERENTES GRUPOS ZOOTÉCNICOS

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do
título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

FERNANDO DE PAULA LEONEL

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM MACRONUTRIENTES MINERAIS (Ca, P, Mg, Na e K) PARA NOVILHOS DE DIFERENTES GRUPOS ZOOTÉCNICOS

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do
título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2003.

Profa. Maria Ignez Leão

Prof. Carlos Augusto de Alencar Fontes

Prof. Augusto César de Queiroz
Conselheiro

Prof. Ricardo Augusto Mendonça Viera
Conselheiro

Prof. José Carlos Pereira
Orientador

Dedicatória

Àqueles que mesmo antes da minha existência já pensavam e cuidavam do meu ser com ações de profundo amor: dedico, meus pais, Otaíde de Paula Leonel e Maria Onorina Leonel.

Às minhas irmãs, Patrícia, Cristina e Daniela; meus sobrinhos, Fernando, Ana Luiza, Marcelo e Luiz Felipe; tios, tias e saudosos avós, por serem um exemplo de feliz e fraterna família.

Àquela que a partir do momento que meus olhos a avistaram, promoveu mudanças em minha vida, mudanças essas que foram, são e, certo estou, que sempre serão sinônimos de crescimento. Crescimento na minha condição humana que, dentre outros ensinamentos, apresentou-me a humildade para aceitar meus erros e, com isso, buscar não a perfeição, mas sim, o meu melhor.

A você, agora **Tatiana Angélica de Oliveira Almeida Leonel**, dedico esse e todos os trabalhos de minha vida.

Agradecimento

A DEUS.

Ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, professores e funcionários, pela oportunidade de realização deste sonho.

À Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo auxílio financeiro concedido.

Ao professor José Carlos Pereira, mestre e educador, pelos ensinamentos concedidos, e pelo seu exemplo de caráter que me fez crescer apenas com a observação de suas corretas ações. Não poderia deixar de agradecer, ainda, seu apoio, seus conselhos e, sobretudo, a sua amizade que está alicerçada na sinceridade e na honestidade.

Aos professores e conselheiros, Ricardo Augusto Mendonça Vieira e Augusto César de Queiroz, pela significativa contribuição científica à realização deste trabalho.

À professora Maria Ignez Leão e ao professor Carlos Augusto de Alencar Fontes pelas valiosas contribuições à presente dissertação.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pela atenção e presteza em auxiliarme.

Aos Amigos Adhemar Ventura de Lima e José Antônio de Freitas, pela essencial ajuda e companhia durante a execução dos trabalhos.

Ao Sr. Ernani José de Paula e ao Instituto Melon de Estudos e Pesquisas, atual Instituto Barreiro de Biotecnologia, pelo suporte financeiro e logístico.

Ao Dr. Alecsandro Regal Dutra, ao Sr. Francisco (Chiquinho) e a todos da Fazenda Barreiro Ltda que contribuíram de alguma forma para a realização deste experimento.

Aos amigos Marinaldo Divino Ribeiro, Adriano Rangel e Rita, Marcene Geraldo Costa, André Luigi, Joanis Tilemahos Zervoudakis, Douglas Henrique Sampaio, Bevaldo Pacheco.

Aos companheiros e companheiras das horas de estudo, aos colegas que juntos estudamos para as provas, aos amigos que conquistei no dia-a-dia da sala de aula, enquanto estudante de Mestrado.

Aos Amigos da REPÚBLICA DOS ÍCONES: Wellington Donizete Guimarães (Barrigudo), Fabrício Pitombeiras (Fabrício), Luciano Aurélio Lara (Lulu), João Antônio Lemos Furtado (João Barriga), Sérgio Alves Carvalho (Geriátrico), Emerson Leoni (Zé Carioca) e Oto (Hulk).

Aos Amigos da REPÚBLICA DOS BRUTTUS: João Luiz de Souza Neto (Magreza), Janderson Damasceno dos Reis (Mocorongo), Marcelo Silva Freitas (Pif) e Daniel de Paula Sousa (Dug Fanny).

A Celeste, secretária do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela prestatividade, tolerância, paciência e disposição em nos atender sempre que solicitada.

A verdadeira condição de justiça social
é aquela na qual cada ser humano
possui a capacidade e liberdade
para a laboração de seu pão.

BIOGRAFIA

Fernando de Paula Leonel, filho de Otaíde de Paula Leonel e Maria Onorina Leonel, nasceu em Frutal, Estado de Minas Gerais, em 31 de maio de 1976.

Em 1996, ingressou na Universidade Federal de Viçosa como acadêmico do curso de Zootecnia tendo colado grau em outubro de 2000.

Desenvolveu atividades de pesquisa e extensão na empresa Matsuda Sementes e Nutrição Animal no período de outubro de 2000 a setembro de 2001.

Em março de 2002, iniciou o curso de Pós-Graduação – Mestrado em Zootecnia – pela Universidade Federal de Viçosa: UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, defendendo dissertação em 28 de fevereiro de 2003.

Conteúdo

RESUMO.....	ix
ABSTRACT	xi
1.0- INTRODUÇÃO	2
2.0- REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Composição Corporal e Exigências Nutricionais de Macronutrientes Minerais (Ca, P, Mg, Na e K).....	4
2.1.1. Considerações sobre a determinação de exigências dietéticas de macronutrientes minerais para bovinos	4
2.2. Cálcio e Fósforo	8
2.2.1. Cálcio e Fósforo no conteúdo corporal e no ganho de peso	8
2.2.2. Exigências dietéticas de Cálcio e Fósforo	11
2.2.3. Relação Cálcio:Fósforo	14
2.3. Magnésio	14
2.3.1. Magnésio no conteúdo corporal e no ganho de peso.....	14
2.3.2. Exigências dietéticas de Magnésio	16
2.4. Sódio e Potássio	17
2.4.1. Sódio e Potássio no conteúdo corporal e no ganho de peso ..	17
2.4.2. Exigências dietéticas de sódio e potássio	20
3.0- METODOLOGIA.....	22
3.1. Local, Animais e Instalações.....	22
3.2. Tratamentos, Arraçoamento e Manejo.....	22
3.3. Abate dos Animais e Coleta das Amostras	24
3.4. Preparo das Amostras	25
3.5. Análises Químicas	25
3.6. Determinação do Conteúdo Corporal em Macronutrientes Minerais (Ca, P, Mg, Na e K)	26
3.7. Análise estatística	27
3.7.1. Análise regressão, variância e teste de média	27
3.8. Determinação das Exigências em Macronutrientes Minerais (Ca, P, Mg, Na e K)	28
4.0- Resultados e Discussões	30
4.1. Estimativa do peso de corpo vazio (PCVZ).....	30
4.2. Conteúdo em mineral retido no ganho de peso	32
4.3. Análise de variância do conteúdo de minerais retido no ganho	33
4.5. Exigências dietéticas em macronutrientes minerais	35
4.5.1. Exigências em Cálcio	36
4.5.2. Exigências em Fósforo	37
4.5.3. Exigências em Magnésio.....	38
4.5.4. Exigências de Sódio	39
4.5.5. Exigências em Potássio	40
5.0- Resumo e conclusões	42
6.0- Referências Bibliográficas	45
7.0- Apêndice	51

RESUMO

LEONEL, Fernando de Paula, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2003. **Exigências em Macronutrientes Minerais (Ca, P, Mg, Na e K) para Novilhos de Diferentes Grupos Zootécnicos.** Orientador: José Carlos Pereira. Conselheiros: Augusto César de Queiroz e Ricardo Augusto Mendonça Vieira

O experimento foi realizado no Instituto Melon de Estudos e Pesquisas, *Campus* da Fazenda Barreiro LTDA, localizado no município de Silvânia, Estado de Goiás, com o objetivo de determinar as exigências em macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) para novilhos de diferentes grupos zootécnicos. Foram utilizados 44 novilhos não castrados, pertencentes a quatro grupos zootécnicos distintos: Nelore; *F1* NelorexAberdeen-Angus; *F1* NelorexPardo-Suíço e *F1* NelorexSimental. Ao início dos trabalhos os novilhos encontravam-se numa faixa etária entre 10 e 11 meses e possuíam peso vivo médio de 362 ± 35 kg. A ração experimental era constituída por feno de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), farelo de soja, milho (grão moído), melaço em pó e suplementados 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 da regressão do logaritmo do conteúdo do nutriente (Ca, P, Mg Na e K),

em função do logaritmo do peso de corpo vazio do animal. Para a conversão dos pesos dos animais vivos 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 necessidades dietéticas dos macronutrientes, para manutenção, foram estimadas de acordo com as recomendações dos americano e inglês (NRC e ARC), e os coeficientes de absorção adotados para os cinco macronutrientes foram aqueles propostos pelo sistema inglês (ARC). Por meio do teste de identidade de modelos não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) entre as equações de regressão para os nutrientes cálcio, fósforo e potássio dentre os quatro grupos zootécnicos estudados, todavia foram detectadas diferenças entre as equações de regressão para o magnésio e o sódio. Foram verificadas pela análise de variância, diferenças entre as retenções do nutriente magnésio, em função dos distintos grupos zootécnicos (Teste F; $p < 0,05$), e a retenção do nutriente magnésio no corpo dos animais dos grupos NelorexAberdeen-Angus e NelorexPardo-Suíço, não diferiu estatisticamente (Teste de Tukey; $p < 0,05$). Por outro lado, essa retenção foi estatisticamente superior àquela dos animais dos grupos Nelore e NelorexSimental, que não diferiram entre si.

ABSTRACT

LEONEL, Fernando de Paula, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February, 2003. **Macrominerals (Ca, P, Mg, Na and K) requirements for young bulls from different genetics groups.** Adviser: José Carlos Pereira. Committee Members: Augusto César de Queiroz e Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

This experiment was conducted with the objective to determine the macro minerals requirements (Ca, P, Mg, Na and K) for young bulls from different genetic groups. Forty four young bulls were used, from four different genetic groups: Nellore; F1 Nellore x Aberdeen-Angus; F1 Nellore x Brown Swiss and F1 Nellore x Simmental. The initial average live weight was 362 ± 35 kg and age between 10 and 11 months. The experimental ration was constituted by Brachiaria hay (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), soybean meal, ground corn, powder molasses and macro and micro mineral premix. The net requirements of each macro mineral, for weight gains, were obtained by the first derived of their respective equations, estimated using the regression of the logarithm of the mineral content (Ca, P, Mg, Na, K), in function of the logarithm of the animal empty body weight. For the conversion of live weight to empty body weight of the animals, it was used the equation obtained from the regression of the empty body weight of the animals in function of their weights immediately before slaughter. The nutritional requirements of the macro minerals, for maintenance, were estimated based in that proposed by the American and British system (NRC and ARC), and the used absorption coefficients for the macro minerals

were from that proposed by British system (ARC). There were not differences between the regression equations for the macro minerals calcium, phosphorus and potassium among the four groups determined by the test of identity of models. However, it was detected differences between the regression equations for magnesium and sodium. There were differences among the retentions of the macro mineral magnesium in function of the genetic group ($P < 0.05$). There was not difference in the retention of the macro mineral magnesium in the body of the animals from the Nellore x Aberdeen-Angus e Nellore x Brown Swiss ($P < 0.05$). However, the retention was higher to that animals from the Nellore e Nellore x Simmental, that did not differ from each other.

1.0– INTRODUÇÃO

A produção animal tem por objetivo principal o fornecimento de proteína de alta qualidade para atender às necessidades alimentares das populações, devendo ser acima de tudo economicamente viável e, a um custo acessível, o que ofereça a oportunidade de aquisição por parte das classes sociais de menor renda.

Dentre as espécies zootécnicas, os bovinos contribuem de forma significativa para satisfazer a demanda protéica da população brasileira, encontrando nos suínos e no frango seus principais “concorrentes”.

Contudo, para o sucesso da atividade bovinocultora, atenção deve ser dada à alimentação, pois esse item é responsável por uma parcela considerável dos custos de produção. Logo, uma 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 em menores proporções no corpo dos animais do que, por exemplo, as frações protéicas e lipídicas, eles são responsáveis por funções vitais no organismo. Deficiências em um ou mais desses elementos, podem resultar em desordens nutricionais sérias, levando o animal a apresentar desempenho produtivo e reprodutivo aquém de seu potencial ou obedecer aos princípios dos incrementos decrescentes.

Ressalta-se que a ração básica oferecida à maior parte dos bovinos abatidos no Brasil é o pasto, que na maioria das vezes, é composto por espécies forrageiras de elevado potencial de produção de matéria seca (plantas C₄), o que implica baixos teores em macronutrientes minerais, devido ao fator de diluição.

Outro fator crítico à nutrição mineral dos bovinos em nossa pecuária é a localização dos sistemas de produção, que é marginalizada quanto à fertilidade

dos solos. Isso reflete negativamente sobre os teores em minerais nas plantas, alimento básico dos bovinos.

Esses e outros fatores explicam os históricos de deficiências em minerais como o 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, a racionalização do manejo possibilitaram a obtenção de maiores taxas de ganho de pesos em bovinos, o que de acordo com o princípio da conservação da matéria, implica em naturais acréscimos na demanda por nutrientes.

Assim, objetivou-se com esse trabalho, apresentar modelos matemáticos para estimar o conteúdo em minerais no corpo e no ganho de peso de novilhos oriundos de rebanho de corte. Buscou-se também avaliar o efeito causado por diferentes grupos zootécnicos sobre a retenção dos nutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) no ganho de peso destes animais.

2.0- REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Composição Corporal e Exigências Nutricionais de Macronutrientes Minerais (Ca, P, Mg, Na e K)

2.1.1. Considerações sobre a determinação de exigências dietéticas de macronutrientes minerais para bovinos

Os níveis dos nutrientes minerais nas rações podem afetar as respostas dos animais. Nas rações em que um determinado nutriente mineral encontra-se em deficiência, na medida em que se elevam os níveis desse elemento, há a aproximação de um ponto em que este nível passa de deficiente para ótimo. Este ponto, geralmente obtido com uma quantidade mínima adequada de mineral na ração, recebe a denominação de "exigência mínima". Quantidades menores que essa estão localizadas na "faixa de deficiência". A "faixa ótima" é estabelecida, quando a quantidade do mineral na ração, é aumentada, sem, no entanto, resultar em modificações na resposta animal. Contudo, se os níveis dietéticos do nutriente mineral continuarem se elevando, alcançar-se-á um ponto em que o desempenho animal começa a ser prejudicado. Nesse ponto inicia-se a "faixa tóxica", que pode eventualmente acometer o animal e prejudicar os seus desempenhos produtivo e reprodutivo, conforme pode ser observado na Figura 01 (AMERMAN & HENRY, citados por SOUSA, 1981).

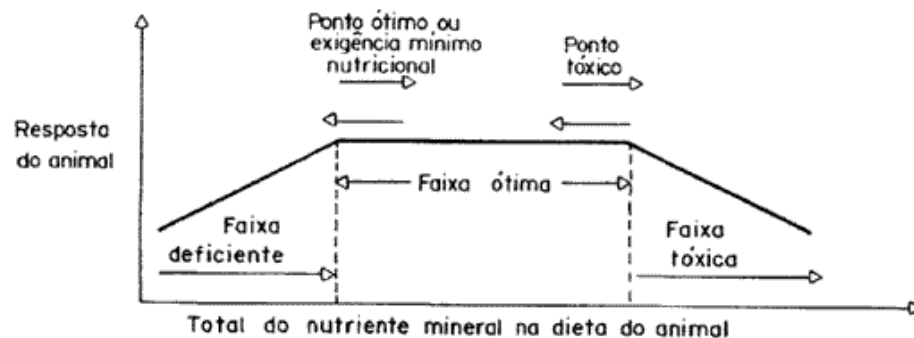


Figura 1: Efeito de níveis crescentes de minerais na ração sobre o desempenho animal.

Fonte: adaptado de AMERMAN & HENRY (1979)

A determinação das exigências em macronutrientes minerais para bovinos não é tarefa fácil, em razão da variedade de fatores que, de forma direta ou indireta, exercem influência sobre as exigências de tais elementos inorgânicos. Dentre eles, o próprio critério de estabelecimento de níveis adequados para o desempenho ótimo, a variabilidade entre as espécies ou raças, o sexo, a idade, as condições climáticas, o nível de produção, o estado nutricional, a forma química do elemento mineral no ingrediente e, até mesmo as inter-relações entre os elementos minerais ou destes com outros nutrientes (COELHO DA SILVA E LEÃO, 1979; MAYNARD et al., 1984).

O AFRC (1991) salienta que, além do suprimento em minerais, é necessário, para o desenvolvimento normal dos ossos, o fornecimento de níveis adequados de proteína e energia. O NRC (1984) também relaciona as exigências de cálcio e fósforo à retenção diária de proteína e CONRAD et al., (1985), afirmam que a nutrição adequada em cálcio e fósforo depende dos níveis de Vitamina D.

O manejo nutricional e a composição do ganho de peso (músculo, gordura e ossos), também afetam a demanda de minerais pelo animal. A prática de castração é outra variável que tem efeitos sobre as necessidades nutricionais de bovinos, por afetar a proporção dos tecidos depositados no corpo do animal. Desta forma, percebe-se os inúmeros fatores relacionados à nutrição mineral, de modo que, reavaliações periódicas das exigências minerais são imperiosas (THOMPSON & WERNER, 1978; BEEDE, 1991).

Existem na literatura vários trabalhos sobre a composição de tecidos e exigências em minerais por bovinos, contudo, em sua maioria, eles apresentam certas limitações em razão da utilização de metodologias de baixa confiabilidade, que não consideram sexo, regime alimentar e grupo zootécnico. Em alguns casos encontram-se informações que, para suas obtenções foram utilizados, apenas músculos selecionados ou cortes comestíveis de tecidos na análise da composição corporal e desconsideram, muitas vezes, o próprio tecido ósseo (Nour e Thonney em 1988, citado por SOARES, 1994).

Dos métodos existentes para a estimativa do teor de minerais em bovinos, cita-se a análise de sangue e tecidos; plantas e ingredientes da ração e também a análise de solo (TODD, 1971). Nos casos em que o animal está submetido a restrição severa de nutrientes minerais, pode-se utilizar os pêlos para indicar o *status* do mineral (COMBS et al., 1982).

Como existem diferenças significativas no metabolismo do mineral devido a variações do clima e entre raças, as tabelas de exigências elaboradas em países temperados, caso dos Estados Unidos da América e países da Europa, nem sempre são adequadas às condições e realidades brasileiras, caracterizadas, na maior parte, por clima tropical e predomínio de animais zebuínos (*Bos indicus*) e seus cruzamentos.

Os primeiros sistemas utilizados para determinar a recomendação nutricional em nutrientes minerais consideravam as relações entre o desempenho animal e as quantidades de um mineral na ração. As exigências eram definidas com base na quantidade do mineral necessário para maximizar o desempenho do animal ou a eficiência de utilização dos alimentos. Essas relações empíricas têm a utilização bastante limitada, pois à medida que ocorre alguma alteração na alimentação ou em quaisquer das condições ambientais em que animal esteja sendo criado, reduzem a capacidade de predição do desempenho animal e da exatidão das estimativas de suas necessidades diárias (BOIN, 1995).

Essas estimativas, entretanto, receberam, a partir de 1965, um enfoque diferente quando o ARC (1965) propôs a aplicação do método fatorial para a determinação das exigências mínimas em minerais. Tal método é baseado nas quantidades líquidas depositadas no corpo do animal para atender o crescimento, a engorda, a gestação e a produção de leite. Essas exigências são chamadas de exigências líquidas de crescimento e produção e a elas, é acrescida aquela quantidade necessária para atender às perdas inevitáveis do corpo, ou seja, as secreções endógenas, denominadas exigências líquidas de manutenção. O somatório das frações de manutenção e produção vai constituir a exigência líquida total que corrigida pelo coeficiente de absorção no aparelho

digestivo, específico para cada nutriente, resultará na exigência alimentar do mineral em questão (COELHO DA SILVA, 1995).

Para a determinação das exigências líquidas de crescimento, é necessária a avaliação da deposição do mineral no corpo do animal quando esse está em fase crescimento, ou seja, implica em avaliar o conteúdo de minerais do corpo do animal em diferentes pesos e idades. Esta avaliação geralmente é feita abatendo-se os animais e analisando-se os teores de minerais nos diferentes tecidos do corpo.

O ARC (1965) compilou informações sobre a composição corporal em mineral para bovinos de diferentes raças, idades e pesos, e desenvolveu modelos matemáticos que permitem estimar a composição mineral no organismo e exigências líquidas para crescimento. Com o surgimento de novas informações, outros modelos matemáticos foram desenvolvidos (ARC, 1980; CSIRO, 1990; AFRC, 1991; NRC 1996).

As exigências líquidas de gestação são obtidas por meio do abate de animais nas diversas fases de gestação e da análise da composição mineral do feto e das estruturas diretamente relacionadas ao seu desenvolvimento. Posteriormente, ajusta-se os resultados a modelos matemáticos e efetuam-se as estimativas das exigências líquidas em estágios pré-determinados da gestação (COELHO DA SILVA, 1995).

2.2. Cálcio e Fósforo

2.2.1. Cálcio e Fósforo no conteúdo corporal e no ganho de peso

As cinzas estão presentes no corpo dos animais numa concentração aproximada de 5%. O cálcio e o fósforo correspondem a mais de 70% dessa fração, e funcionam como os principais elementos estruturais do tecido ósseo, onde estão presentes 99% do Ca e, aproximadamente, 80% do P, nas formas de sais apatita, fosfato de cálcio e carbonato de cálcio (DUKES, 1993).

Afora a função estrutural, o cálcio e o fósforo estão intimamente envolvidos com o metabolismo animal e ligados entre si, aparecendo, na maioria das vezes, de forma combinada no organismo. Além do mais, o excesso de um ou de outro na ração, pode ser limitante para ambos, daí a razão de serem estudados conjuntamente (MAYNARD e LOOSLI, 1984; CONRAD et al., 1985).

COELHO DA SILVA e LEÃO (1979) afirmam que o conteúdo de cálcio no tecido muscular é de aproximadamente 100 mg kg^{-1} de matéria natural; no tecido ósseo, entre 110 e 220 g kg^{-1} , sendo desconsiderado o conteúdo do mineral no tecido adiposo. O conteúdo de fósforo no tecido muscular é de aproximadamente 2 a 3 g kg^{-1} de matéria natural; nos ossos de 50 a 100 g kg^{-1} , e, no cérebro e tecido nervoso, em torno de 4 g kg^{-1} . Portanto, conclui-se que as concentrações desses dois elementos no corpo animal não são constantes, uma vez que, os tecidos muscular, adiposo e ósseo, não aumentam de forma isométrica. Por outro lado, a correlação alta e positiva entre idade do animal e deposição de gordura na carcaça suporta tal afirmação.

É de domínio comum que desbalanços em minerais nas rações de bovinos afetam o desempenho desses animais. Especificamente no caso de produção a pasto, a carência ou o desbalanço no solo e na forragem são freqüentes. AMMERMAN et al. (1974), observaram em bovinos mestiços Charolês-Brahmam-Crioulo, de três localidades geográficas do Panamá, diferenças significativas no conteúdo em cálcio e fósforo nos ossos.

AMMERMAN et al. (1974), afirmam que mudanças no consumo de minerais, são, muitas vezes, acompanhadas de variações correspondentes na concentração dos mesmos em determinados tecidos.

Foi observado por WILLIAMS et al. (1983) um maior conteúdo em cinzas na carcaça de animais terminados em regime de pasto, quando comparado a animais terminados alimentados com ração à base de grãos. Observação semelhante foi relatada por THOMPSON et al., (1988) em relação aos ovinos. O maior conteúdo em cinzas está relacionado ao menor teor de gordura dos animais.

NOUR E THONEY (1988), sugerem que o aumento de gordura dilui o conteúdo em minerais na carcaça.

Diferenças no conteúdo corporal em minerais também são encontradas em função da raça e do sexo. NOUR E THONEY (1988), trabalhando com novilhos Holandeses e Aberdeen-Angus, observaram maior conteúdo de cálcio no corpo dos animais Holandeses, que apresentaram maior proporção de ossos na carcaça. GRACE (1983), por sua vez, verificou efeito do sexo sobre o conteúdo de minerais no corpo vazio.

Para bovinos em crescimento, o ARC (1965) estimou um conteúdo corporal de cálcio entre 11 e 17 g kg⁻¹ de peso de corpo vazio (PCVZ). Em 1980, este mesmo conselho, adotou o valor médio de 14 g kg⁻¹ de PCVZ para o conteúdo corporal e para ganho de peso de animais de diferentes pesos. Já em 1991, o AFRC adotou equações que relacionam as exigências em cálcio e fósforo em função do crescimento ósseo, considerando que a deposição desses dois elementos no organismo decresce com o avanço da maturidade e quantificou as exigências de cálcio para ganho de peso em bovinos pesando entre 300 e 500 kg em 12,7 e 11,3 g kg⁻¹ de PCVZ, respectivamente.

O NRC (1996) relaciona as exigências de cálcio para ganho de peso com a retenção de proteína, e estabelece a razão de 71 g Ca kg⁻¹ de proteína retida no corpo animal.

Compilando dados de vários autores, MILLER (1979) relatou conteúdos de cálcio no corpo e no ganho de peso da ordem de 12 g kg^{-1} PCVZ, para animais em crescimento.

No Brasil, os estudos para a determinação das exigências em macronutrientes minerais para bovinos tiveram seu início na década de 80, tendo MARGON (1981) trabalhado com animais azebuados; seguiram-se outros trabalhos com grupos zootécnicos distintos (SILVA SOBRINHO 1984; LANA 1991; PIRES 1993a; SOARES 1994 e ESTRADA 1996). Além destes também são citados os trabalhos de PAULINO (1996) com quatro raças zebuínas (Gir, Guzerá, Mocho Tabapuã e Nelore) e PAULINO (2002) com novilhos anelrados. Ressalta-se que todos esses autores empregaram o método fatorial para determinação das exigências.

As equações obtidas a partir da derivação do modelo alométrico $Y = \hat{\alpha} \times M^{\hat{\beta}}$ linearizado por meio da logaritimização dos dados de alguns trabalhos nacionais, a fim de predizer as exigências em cálcio e fósforo para ganho de 1 kg de massa corporal, podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Equações obtidas em trabalhos brasileiros para a predição das exigências em cálcio

Grupo Zootécnico	Equações	Autores
Cálcio		
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 150,41 \times PCVZ^{-0,5221}$	LANA (1991)
BM, HxNEL	$Y_{(g/kg)} = 172,90 \times PCVZ^{-0,4767}$	SOARES (1994)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 87,90 \times PCVZ^{-0,3553}$	SOARES (1994)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 75,36 \times PCVZ^{-0,3032}$	FONTES (1995)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 36,16 \times PCVZ^{-0,1553}$	ESTRADA (1996)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 134,87 \times PCVZ^{-0,4165}$	ESTRADA (1996)
Quatro raças zebuínas	$Y_{(g/kg)} = 150,56 \times PCVZ^{-0,4771}$	PAULINO (1996)
Fósforo		
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 58,31 \times PCVZ^{-0,3972}$	LANA (1991)
BM, HxNEL	$Y_{(g/kg)} = 67,60 \times PCVZ^{-0,4104}$	SOARES (1994)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 38,70 \times PCVZ^{-0,3212}$	SOARES (1994)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 40,06 \times PCVZ^{-0,3055}$	FONTES (1995)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 16,19 \times PCVZ^{-0,1202}$	ESTRADA (1996)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 70,81 \times PCVZ^{-0,4140}$	ESTRADA (1996)
Quatro raças zebuínas	$Y_{(g/kg)} = 54,41 \times PCVZ^{-0,4104}$	PAULINO (1996)

*onde BM refere-se a bimestiços das raças FleckviehxAngusxNelore; HxNEL ao cruzamento de Holandês com Nelore e NEL a raça Nelore

2.2.2. Exigências dietéticas de Cálcio e Fósforo

A quantificação mais exata das exigências dietéticas em minerais é uma tarefa complexa, pois diversos fatores como idade, grupo zootécnico, nível de produção, composição do ganho, forma química do elemento e inter-relações com outros nutrientes ou entre minerais, afetam sua determinação.

McDOWELL (1984) relata que diferenças no metabolismo de minerais podem ser atribuídas às raças e, principalmente, à adaptação dessas às diferentes condições climáticas e ambientais.

As exigências em cálcio são maiores do que as de fósforo em animais jovens, mas equilibram-se com a maturidade. Tal fato está relacionado à

desaceleração do crescimento ósseo e ao maior crescimento dos tecidos moles (THOMPSON E WERNER, 1976).

A maturidade pode reduzir a capacidade de absorção dos minerais, o que foi observado em animais da raça Hereford entre 10 e 190 meses de idade (HANSARD et al., 1954). A redução da absorção e o conseqüente aumento das perdas fecais, ocorre independentemente da fonte do mineral fornecido aos animais (HANSARD et al., 1954).

A vitamina D está envolvida com a absorção de cálcio e fósforo, e a lactose com a de cálcio, mediante interação com as células absorptivas do organismo. A elevada ingestão de ferro, alumínio ou magnésio interferem na absorção de fósforo porque reagem com este formando fosfatos insolúveis. Oxalatos e fitatos, por sua vez, diminuem a absorção de cálcio. Logo, todos esses fatores podem ocasionar alterações sobre as exigências totais ou dietéticas em cálcio e fósforo pelo animal (MAYNARD et al., 1984).

O conhecimento da disponibilidade ou do coeficiente de absorção do mineral segundo as diferentes fontes, ainda é uma limitação à determinação mais exata das exigências.

A disponibilidade de cálcio nos suplementos e nas fontes naturais é variável e as fontes inorgânicas são mais eficientes do que as orgânicas (BEEDE 1991). Utilizando como critérios de avaliação a disponibilidade, a retenção total e excreção fecal endógena, TILMAN e BRETHOUR (1963b) não verificaram diferenças significativas entre fosfato monocálcico e fosfato fítico como fonte de fósforo. No mesmo ano, em um trabalho semelhante, com base no uso de fosfato dicálcico e ácido fosfórico, esses autores concluíram que ambas fontes são altamente disponíveis para ruminantes.

De acordo com o ARC (1980), as disponibilidades médias do cálcio e fósforo são de 68 e 58%. O AFRC (1991) adotou o mesmo valor de 68% para a disponibilidade do cálcio, porém, para o fósforo, relacionou a disponibilidade com a metabolizabilidade $\left(q = \frac{EM}{EB} \right)$ da ração, adotando o valor de 58% para $q < 0,7$ e de 70% para $q > 0,7$.

O NRC (1996) consagrou os valores de 50 e 68% para os coeficientes de absorção verdadeira de cálcio e fósforo.

No Brasil, poucos foram os trabalhos publicados sobre disponibilidade de minerais para ruminantes. EZEQUIEL (1987) encontrou coeficientes de absorção para o cálcio de 62, 72, e 60%, e para o fósforo de 72, 63 e 80,3% respectivamente, para animais Nelore, Holandeses e mestiços HolandêsxZebu.

Como exigência dietética total (manutenção e ganho de peso), estima-se de acordo com o ARC (1965), valores em $37,2 \text{ g d}^{-1} \text{ Ca}$ e em $28,6 \text{ g d}^{-1} \text{ P}$, para um bovino de 400 kg de massa corporal ganhando 1 kg d^{-1} . Para animais com os mesmos pesos e iguais ganhos, quantifica-se com NRC (1970) exigências dietéticas em $25,0 \text{ g d}^{-1} \text{ Ca}$ e em $20,0 \text{ g d}^{-1} \text{ P}$. Em 1984, o conselho norte americano passou a recomendar exigências dietéticas diárias de cálcio em 27,0 e de fósforo em 18,0 g para animais de 400 kg e taxa de ganho de peso de 1 kg d^{-1} .

Utilizando-se o AFRC (1991), aquilata-se exigências dietéticas em cálcio e fósforo, para bovinos de 400 kg, valores iguais a $28,0$ e $25,0 \text{ g d}^{-1}$, respectivamente, assumindo uma metabolizabilidade da ração de 0,6. Já o com NRC (1996), estima-se como exigências dietéticas dos mesmos macronutrientes, para animais de 400 kg de massa corporal e taxa de ganho de 1 kg d^{-1} , valores em 31 e 18 g d^{-1} , respectivamente.

O método fatorial foi empregado com o objetivo de estimar as exigências em minerais na maioria dos trabalhos conduzidos no Brasil (MARGON, 1981; SILVA SOBRINHO, 1984; CARVALHO, 1989; LANA, 1991; PIRES et al., 1993a, b; ESTRADA, 1996; PAULINO, 1996; VÉRAS, 2000; SILVA, 2001; PAULINO, 2002). Contudo, ressalva-se que apenas foram quantificadas as exigências no ganho, sendo as exigências de manutenção (perdas endógenas) estimadas a partir dos sistemas ARC (1980), AFRC (1991) e NRC (1996).

MARGON (1981) estimou para bovinos azebuados com massa corporal de 400 kg e ganho de peso diário esperado de 1 kg, exigências dietéticas em 35,22 g de cálcio por dia e $30,04 \text{ g d}^{-1}$ em fósforo. Valores inferiores, para

animais de mesma massa e igual ganho foram observados por LANA et al. (1992) de 19,04 e 17,48 g d⁻¹ de cálcio e fósforo respectivamente.

2.2.3. Relação Cálcio:Fósforo

Assume-se que a relação cálcio:fósforo entre 1:1 e 2:1 na ração, seja a ideal para o crescimento e a formação dos ossos dos animais em geral, talvez por ser essa relação encontrada nos ossos. Todavia, os ruminantes podem tolerar relações maiores, desde de que os níveis de fósforo e vitamina D não sejam limitantes (McDOWELL, comunicação pessoal, 2001).

WISE et al. (1963) testaram relações cálcio:fósforo variando de 0,41:1 a 14,3:1 e observaram que apenas relações inferiores a 1:1 e superiores a 7:1 afetaram negativamente o crescimento e desempenho dos animais. O NRC (1984) também relata que relações entre 1:1 e 7:1 não afetam o desempenho animal, sendo o nível de fósforo o fator crítico.

2.3. Magnésio

2.3.1. Magnésio no conteúdo corporal e no ganho de peso

No corpo animal, o magnésio encontra-se em estreita associação com o cálcio e o fósforo, tanto na distribuição, quanto no metabolismo. Sua presença no organismo é da ordem de 0,05% da massa corporal total, dos quais aproximadamente 70%, encontram-se no esqueleto, estando, o restante, amplamente distribuído nos vários fluidos e tecidos corporais. Além de sua essencialidade para os ossos e dentes, o magnésio participa de vários processos orgânicos, principalmente como ativador de reações enzimo-dependentes (COELHO DA SILVA E LEÃO, 1979; MAYNARD et al, 1984 e NRC, 1996). WACKER (1980) afirma que mais de 300 enzimas são ativadas pelo magnésio.

O magnésio é essencial, como complexo Mg-ATP, para todos os processos biossintéticos que dependem da via glicolítica, transporte ativo através de membranas, formação de cAMP e transmissão de código genético. Também está envolvido com a manutenção de potenciais elétricos através de membranas nervosas e musculares e condução de impulsos nervosos (NRC, 1996).

O ARC (1965), considerando bovinos em crescimento, balizou o conteúdo corporal de magnésio em 0,33 a 0,44 g por kg de PCVZ. E em 1980, o mesmo conselho, estimou como conteúdo de magnésio no corpo e no ganho de peso o valor de 0,45 g por kg de PCVZ. BECKER (1975), seguindo as normas alemãs, verificou um valor médio de 0,40 g de magnésio por kg de PCVZ, como conteúdo corporal e para ganho de peso.

As equações obtidas a partir da derivação do modelo alométrico $Y = \hat{\alpha} \times M^{\hat{\beta}}$ linearizado por meio da logaritmização dos dados de alguns trabalhos nacionais, a fim de prever as exigências em magnésio para ganho de 1 kg de massa corporal, podem ser observadas nas Tabelas 2.

Tabela 2 – Equações obtidas em trabalhos brasileiros para a predição das exigências em magnésio

Grupo Zootécnico	Equações	Autores
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 3,52 \times PCVZ^{-0,4726}$	LANA (1991)
BM, NEL, HxNEL	$Y_{(g/kg)} = 0,50 \times PCVZ^{-0,0087}$	SOARES (1994)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 1,53 \times PCVZ^{-0,2434}$	FONTES (1995)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 3,56 \times PCVZ^{-0,3992}$	ESTRADA (1996)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 3,66 \times PCVZ^{-0,3779}$	ESTRADA (1996)
Quatro raças zebuínas	$Y_{(g/kg)} = 1,29 \times PCVZ^{-0,2987}$	PAULINO (1996)

*onde BM refere-se a bimestiços das raças FleckviehxAngusxNelore; HxNEL ao cruzamento de Holandês com Nelore e NEL a raça Nelore

2.3.2. Exigências dietéticas de Magnésio

Bovinos jovens possuem uma elevada capacidade de aproveitamento de magnésio, e o absorvem, principalmente, no intestino delgado. Com o desenvolvimento do retículo e rúmen, tais compartimentos passam a ser os principais, se não os exclusivos, locais de absorção do mineral (NRC 2001).

A absorção de magnésio no rúmen depende da concentração do elemento no fluido local, sendo esta importante tanto para o transporte ativo como para o passivo, e da integridade dos mecanismos do sistema de transporte ativo, que é sódio-dependente (NRC, 2001).

A demanda de magnésio por bovinos, na maioria dos casos, é atendida pelos alimentos fibrosos e concentrados, os quais, via de regra, contêm, pelo menos, 0,1% do elemento em sua composição (MAYNARD et al, 1984; LANA, 1991). Entretanto sua exigência dietética pode variar consideravelmente. MAYNARD et al., (1984) afirmam que excesso de cálcio e fósforo na ração pode causar deficiência de magnésio.

O pH do fluido ruminal e os níveis elevados de potássio são outras variáveis que afetam a absorção do magnésio. Fertilizações pesadas de potássio e nitrogênio, também, afetam negativamente o aproveitamento de magnésio pelos ruminantes (NRC 2001).

Como relatado no início dessa seção, o sódio auxilia na absorção ativa do magnésio. Logo, em rações a base de pasto, normalmente caracterizadas pelos baixos teores de magnésio, a adição de sódio aumenta o transporte ativo de magnésio através das membranas do epitélio ruminal.

Porém, no caso de rações com elevados níveis de potássio, não se verifica melhoria na absorção do magnésio com a adição de sódio. O aumento no teor de magnésio em rações com excesso de potássio não tem se mostrado eficiente para melhorar o processo de absorção ativa no rúmen, permite, entretanto, um transporte passivo suficiente para atender à demanda de magnésio pelo animal (NRC 2001).

Ionóforos (como por exemplo, Monensina e lasolacida) podem melhorar o transporte ativo, sódio-dependente, do magnésio no rúmen, aumentando a absorção local do elemento em até 10% (NRC 2001).

A absorção do magnésio contido em fenos de gramíneas por bovinos adultos varia de 10 a 37% (ARC 1980), já nos alimentos concentrados, ele é mais disponível do que nas forragens (PEELER, 1972).

O ARC, em 1965, estabeleceu em $7,65 \text{ g d}^{-1}$, como sendo as necessidades dietéticas de um bovino de 400 kg ganhando diariamente 1 kg. O mesmo conselho, em 1980, estabeleceu tais exigências em $9,5 \text{ g d}^{-1}$.

O NRC (1996) preconiza, para animais em crescimento e terminação, uma exigência dietética de magnésio de 0,1% do elemento na matéria seca da ração ingerida pelo animal.

No Brasil, MARGON (1981) estimou para animais com os mesmos pesos e mesmos ganhos, o valor em $7,35 \text{ g d}^{-1}$. SILVA SOBRINHO (1984) balizou em $11,76 \text{ g d}^{-1}$ e CARVALHO (1989), $9,06 \text{ g d}^{-1}$.

PAULINO (2002) calculou para animais anelados com pesos de 250 e 400 kg, ganhando 1 kg, as exigências dietéticas em magnésio em 5,88 e 8,38 g d^{-1} .

2.4. Sódio e Potássio

2.4.1. Sódio e Potássio no conteúdo corporal e no ganho de peso

Ao contrário dos elementos minerais já apresentados, o sódio e o potássio estão presentes, principalmente, nos fluidos e nos tecidos moles do corpo animal. Como principais funções desses dois macronutrientes minerais, destaca-se a manutenção da pressão osmótica, o equilíbrio ácido-base, o controle da absorção de nutrientes pelas células e o metabolismo geral da água (NRC 2001).

Suas concentrações no organismo animal são de aproximadamente 0,2%, sendo que, o sódio, na sua maior parte, encontra-se nos fluidos

extracelulares, enquanto, o potássio está distribuído, principalmente, nos componentes celulares (MAYNARD et al., 1984 e COELHO DA SILVA e LEÃO, 1979). Nos músculos, o potássio desempenha papel vital, onde sua concentração supera a do sódio em aproximadamente seis vezes. O sódio representa 93% das bases do soro sangüíneo, podendo a carência desse elemento diminuir o aproveitamento da proteína e da “energia” digerida e, ainda, deprimir o processo reprodutivo do animal (MAYNARD et al., 1984).

Nos ossos o conteúdo de potássio é baixo encontrando-se intimamente associado às células ósseas. Os músculos contêm cerca de 4,0 g de potássio e o fígado 3,5 g do elemento por kg de matéria natural. O potássio praticamente não aparece no tecido adiposo e nos fluidos corporais. O osso contém 4,0 g de sódio por kg e os tecidos musculares e nervosos, 750 mg de sódio por kg de matéria natural, no tecido adiposo, apenas traço do elemento é encontrado (COELHO DA SILVA E LEÃO, 1979).

O ARC (1965 e 1980) estimou, para bovinos em crescimento, um conteúdo de sódio no corpo e no ganho de peso de 1,5 g por kg de PCVZ. Ao passo que as normas alemãs (BECKER, 1975), considerando bovinos de 200 kg de peso vivo, balizam, o conteúdo de sódio no corpo e no ganho de peso em 2,6g por kg de PCVZ. Embasado em diversas fontes, MILLER (1979) orçou o conteúdo do elemento no corpo e no ganho de peso de bovinos em 1,4 g por kg de PCVZ.

As equações obtidas a partir da derivação do modelo alométrico $Y = \hat{\alpha} \times M^{\hat{\beta}}$ linearizado por meio da logaritmização dos dados de alguns trabalhos nacionais, a fim de predizer as exigências em sódio para ganho de 1 kg de massa corporal, podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Equações obtidas em trabalhos brasileiros para a predição das exigências em sódio

Grupo Zootécnico	Equações	Autores
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 7,83 \times PCVZ^{-0,4338}$	LANA (1991)
BM, HxNEL	$Y_{(g/kg)} = 5,93 \times PCVZ^{-0,3112}$	SOARES (1994)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 13,28 \times PCVZ^{-0,4838}$	SOARES (1994)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 3,81 \times PCVZ^{-0,2427}$	FONTES (1995)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 2,32 \times PCVZ^{-0,1383}$	ESTRADA (1996)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 5,57 \times PCVZ^{-0,3208}$	ESTRADA (1996)
Quatro raças zebuínas	$Y_{(g/kg)} = 4,48 \times PCVZ^{-0,2530}$	PAULINO (1996)

*onde BM refere-se a bimestiços das raças FleckviehxAngusxNelore; HxNEL ao cruzamento de Holandês com Nelore e NEL a raça Nelore

Para o potássio, considerando bovinos em crescimento, o ARC (1965) balizou o conteúdo corporal e do ganho de peso em $1,60 \text{ g kg}^{-1}$ de PCVZ. Em 1980, este mesmo conselho, adotou o valor médio de $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ de PCVZ, coincidindo este com o conteúdo de potássio corporal e do ganho de peso estimado pelas normas alemãs (BECKER, 1975), para um bovino de 200 kg de peso vivo. Revisando vários trabalhos, MILLER (1979) orça como conteúdo corporal e no ganho de peso, o valor médio $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ de PCVZ.

As equações obtidas a partir da derivação do modelo alométrico $Y = \hat{\alpha} \times M^{\hat{\beta}}$ linearizado por meio da logaritimização dos dados de alguns trabalhos nacionais, a fim de predizer as exigências em potássio para ganho de 1 kg de massa corporal, podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Equações obtidas em trabalhos brasileiros para a predição das exigências em potássio

Grupo Zootécnico	Equações	Autores
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 4,88 \times PCVZ^{-0,2342}$	LANA (1991)
BM, HxNEL	$Y_{(g/kg)} = 4,40 \times PCVZ^{-0,1563}$	SOARES (1994)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 11,66 \times PCVZ^{-0,3510}$	SOARES (1994)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 2,31 \times PCVZ^{-0,0454}$	FONTES (1995)
NEL	$Y_{(g/kg)} = 4,00 \times PCVZ^{-0,2001}$	ESTRADA (1996)
Vários grupos	$Y_{(g/kg)} = 0,89 \times PCVZ^{-0,1127}$	ESTRADA (1996)
Quatro raças zebuínas	$Y_{(g/kg)} = 7,36 \times PCVZ^{-0,2690}$	PAULINO (1996)

*onde BM refere-se a bimestiços das raças FleckviehxAngusxNelore; HxNEL ao cruzamento de Holandês com Nelore e NEL a raça Nelore

2.4.2. Exigências dietéticas de sódio e potássio

Os bovinos evoluíram consumindo rações contendo baixos teores de sódio razão pela qual o organismo desses animais desenvolveu, via sistema renal e eficiente absorção do elemento nos intestinos delgado e grosso, uma certa habilidade para conservar o elemento (NRC 2001).

Ao contrário do exposto acima para o sódio, as rações com as quais os bovinos evoluíram contêm níveis satisfatórios de potássio. Todavia esses dois macronutrientes minerais devem estar presentes diariamente nas rações bovinas, pois, estes animais não conseguem estocar quantidades adequadas de sódio e potássio (NRC 2001).

O ARC, em 1965, estimou as exigências dietéticas de um bovino de 400 kg de peso vivo e ganhando diariamente 1 kg, em 8,15 g d⁻¹ para sódio, e em 25,6 g d⁻¹ para potássio. O mesmo conselho, em 1980, altera essas recomendações para 4,64 e 43,38 g d⁻¹ para o sódio e potássio, respectivamente.

As edições do NRC de 1970 e 1976 recomendaram como exigências dietéticas de sódio, respectivamente, valores de 9,40 e 5,64 g d⁻¹. Para o potássio, as duas edições recomendaram o valor de 56,40 g d⁻¹. Já em 1984, o

apontado conselho trouxe recomendações de 7,5 g de sódio e 61,10 g kg⁻¹ d⁻¹ de potássio. Por fim, em 1996, o NRC calculou as exigências dietéticas de sódio e potássio em, respectivamente, 0,06 a 0,08 e 0,6% e na matéria seca da ração.

O NRC (2001) gado de leite, seguindo recomendações do ARC (1980), sugere um acréscimo de 0,1 g de sódio por 100 kg de peso vivo, nas necessidades de manutenção de animais criados sob temperaturas acima de 25°C. Para temperaturas acima de 30°C, a sugestão é acrescentar mais 0,4 g por 100 kg de peso, totalizando 0,5 g por 100 kg de peso vivo de acréscimo nas exigências de manutenção de um bovino. MORRIS em 1980, citado por LANA (1991), ressalta que as exigências de sódio podem ser mais elevadas, em regiões quentes e secas devido a maior perda desse mineral via sudorese.

De acordo com normas alemãs (BECKER, 1975), bovinos de 250 a 500 kg, necessitam de 7,0 a 10,0 g d⁻¹ de sódio.

No Brasil, MARGON (1981), trabalhando com bovinos azebuados, estimou as exigências dietéticas de sódio e potássio em 7,81 e 26,44 g d⁻¹, para animais de 400 kg e ganho de peso de 1 kg. Para animais com esses mesmos pesos e taxas de ganho, CARVALHO (1989) verificou valores de 4,71 g d⁻¹ para o sódio e 30,03 g d⁻¹, para potássio.

LANA (1991) aquilatou o valor de 3,63 g d⁻¹ para o sódio e 42,93 g d⁻¹, para o potássio, como sendo as exigências dietéticas de um bovino de 400kg de massa corporal e ganho de peso de 1 kg d⁻¹.

ESTRADA (1996) balizou, para bovinos da raça Nelore com 400 kg de PV e ganhado diariamente 1 kg, exigências dietéticas em 4,08 g Na d⁻¹ e de 43,85 g d⁻¹ de potássio.

Trabalhando, com animais de quatro raças zebuínas PAULINO (1996) valorou as exigências dietéticas de sódio e potássio, para um animal 400 kg de massa corporal e ganho de 1 kg, em 4,03 e 45,28 g d⁻¹, respectivamente.

Já para bovinos anelrados com 250 e 400 kg de peso vivo, PAULINO (2002) estimou exigências dietéticas de 2,62 e 3,58 g Na d⁻¹, e, para o potássio, exigências de 27,93 e 43,38 g d⁻¹.

3.0– METODOLOGIA

3.1. Local, Animais e Instalações

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 zootécnicos distintos: Nelore (NEL), **F1** NelorexAberdeen-Angus (NELxAB), **F1** NelorexPardo-Suíço (NELxPS) e **F1** NelorexSimental (NELxSIM) com idade inicial entre 10 e 11 meses e peso vivo inicial médio 362 ± 35 kg, mantidos em baias individuais com 16 m^2 , sendo metade dessa área concretada e com projeção de cobertura de 12 m^2 por baia.

3.2. Tratamentos, Arraçoamento e Manejo

Para o arraçoamento foram utilizadas rações contendo 4 diferentes níveis de energia. Em cada uma dessas rações foram agrupados dois animais de cada grupo zootécnico, quais sejam: NEL; NELxAB; NELxPS e NELxSIM, totalizando 8 animais alimentados com cada uma das rações e 32 para as quatro diferentes rações.

Outros três animais, de cada grupo zootécnico, foram abatidos no início do experimento, servindo como referência para a estimativa da composição corporal dos animais remanescentes quando do início do experimento.

No período pré-experimental, com duração de 30 dias, correspondente à fase de adaptação dos animais, efetuaram-se pesagens, tratamentos contra ecto e endoparasitos e vacinação contra febre aftosa.

As rações foram formuladas utilizando-se o programa PURATION (1995), objetivando ganhos médios de $1,2 \text{ kg/animal/dia}$.

Como volumoso foi utilizado feno de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), e o concentrado era composto por farelo de soja, milho (grão moído), melação em pó e macronutrientes inorgânicos complementaresⁱ.

A distribuição das rações era realizada uma vez ao dia, em quantidade que permitia sobras em torno de 10% da ofertada. A quantidade de ração fornecida e as sobras foram registradas diariamente. Além disso, foram coletadas, uma vez por semana, amostras de ração e das sobras, separadamente.

A composição bromatológica das rações experimentais pode ser observada na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise bromatológica das rações experimentais utilizadas pelos quatro grupos zootécnicos, expressas na base da matéria seca, segundo os tratamentos

Nutrientes ¹	Tratamentos			
	(N ₁) ²	(N ₂)	(N ₃)	(N ₄)
MS	914	911	905	901
PB	76,6	80,4	87,3	94,6
FDN	518	461	346	288
CHT	833	826	811	800
EM	2,2	2,3	2,5	2,6
EE	13,9	16,9	22,9	25,7
MM	75,9	76,8	79,2	80,1

¹MS = matéria seca, PB = proteína bruta, FDN = fibra em detergente neutro, CHT = carboidratos totais, EE = extrato etéreo, MM = matéria mineral. Todos expressos em g kg⁻¹; e EM = energia metabolizável em Mcal kg⁻¹ de MS.

²N₁; N₂; N₃ e N₄ = níveis de energia

ⁱ 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.

3.3. Abate dos Animais e Coleta das Amostras

Inicialmente e a cada trinta dias, realizaram-se pesagens dos animais sem jejum prévio e quando esses se aproximavam do peso pré-estabelecido para o abate (500 kg), eram submetidos a um jejum prévio de 16 horas.

Após o abate, o trato gastrintestinal foi esvaziado, minuciosamente lavado, pesado, e, posteriormente, computou-se seu peso aos dos órgãos e demais componentes do corpo, determinando-se assim, o 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 posteriormente mantidas à temperatura de -5°C por um período de 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 a técnica descrita por HANKINS e HOWE (1946).

A partir das proporções de músculo, tecido adiposo e ossos na seção HH, foram determinadas as proporções dos mesmos na carcaça, por meio das equações descritas por HANKINS e 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 na carcaça.

3.4. Preparo das Amostras

As amostras de carne, gordura, órgãos e vísceras foram moídas, em máquina apropriada, enquanto que as de couro (congelado) e ossos, foram seccionadas utilizando-se “serra fita”. Em seguida, todas as amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada, a aproximadamente 65°C, permanecendo nesta por um período de 72 horas. Quando retiradas, constituíram-se no que se denominou matéria pré-seca gordurosa (MPSG).

Esta MPSG foi tratada com éter de petróleo e passou a ser designada matéria pré-seca pré-desengordurada (MPSPDG). Em seguida, este material foi moído em moinho de bola e acondicionado em sacolas plásticas.

As amostras de sangue, por sua vez, foram levadas diretamente para a estufa de ventilação forçada, por um período de 72 horas, ao término das quais foram retiradas e moídas em moinho de bola e também acondicionadas em sacolas plásticas.

Todas as amostras foram armazenadas em freezer até a fase de análise laboratorial.

3.5. Análises Químicas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, na cidade de Viçosa, Estado de Minas Gerais.

Essa fase do trabalho iniciou-se com a preparação da solução mineral para determinação dos macronutrientes minerais por via úmida, de acordo com a metodologia descrita por SILVA e QUEIRÓZ (2002). Obtida a solução mineral, foram efetuadas 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.

3.6. Determinação do Conteúdo Corporal em Macronutrientes Minerais (Ca, P, Mg, Na e K)

O conteúdo corporal em macronutrientes minerais dos animais-referência, abatidos no início do experimento, e dos animais experimentais, abatidos ao término do experimento, foram determinados a partir da concentração dos mesmos na “matéria pré-seca pré-desengordurada” (MPSPDG) nos diferentes componentes do corpo (gordura, músculos e ossos da seção HH; órgãos; vísceras; couro; e etc).

O peso em matéria natural de cada componente foi multiplicado pela porcentagem de MPSPDG obtendo-se, então, o conteúdo de MPSPDG em kg (Equação 01).

- Equação 01: $MPSPDG(kg) = MN(kg) \times MPSPDG(\%)$, em que MN = 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 02).

- Equação 02: $\sum_{ij} X_i Y_j$, em que, X_i = % do mineral no componente corporal e Y_j = kg de MPSPDG do componente.

O peso de corpo vazio (PCVZ) dos animais foi determinado por meio do somatório dos pesos da 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:

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

3.7. Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e para a predição dos conteúdos líquidos dos macronutrientes minerais no corpo dos animais foram ajustadas equações de regressão do logaritmo do conteúdo corporal de minerais (Ca, P, Mg, Na e K), em função do logaritmo do peso de corpo vazio (PCVZ) dos mesmos. Todo o procedimento se deu segundo o ARC (1980), conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + b_j X_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

em que,

Y_{ij} = observação referente ao logaritmo do mineral k no i -ésimo animal, pertencente ao j -ésimo grupo zootécnico, com i variando de 1 a 8 e j variando de 1 a 4;

μ = efeito da média (intercepto);

b_j = coeficiente de regressão do logaritmo do conteúdo do mineral k , em função do logaritmo da PCVZ, para o grupo zootécnico j , em que, $j = 1$ **F1** NelorexAberdeen-Angus; 2 Nelore; 3 **F1** NelorexPardo-suíço; 4 **F1** NelorexSimental;

ε_{ij} = erro aleatório associado a observação, suposto normal e independentemente distribuído com média = 0 e variância = σ^2 , ou seja, $\varepsilon_{ijk} \sim N(0; \sigma^2)$.

3.7.1. Análise regressão, variância e teste de média

As análises de regressão para construção das equações e o teste de identidade de modelos foram realizados utilizando-se o Sistema para Análises Estatísticas (SAEG 5.0).

A realização da análise de variância dos dados teve por instrumento o *Statistical Analises Sytem for Windows* (SAS 8.0), adotando-se um nível de

significância de $p < 0,05$. Por sua vez, o teste de média utilizado foi o teste Tukey ($p < 0,05$).

3.8. Determinação das Exigências em Macronutrientes Minerais (Ca, P, Mg, Na e K)

As exigências líquidas dos macronutrientes (Ca, P, Mg, Na e K) para ganho de 1 kg de peso, foram estimadas por meio da derivada primeira das equações obtidas a partir do modelo citado na seção 3.7, conforme o modelo que segue:

$$Y' = b \times 10^\mu \times M^{(b-1)}$$

em que

Y' = exigência líquida do mineral (em g) para ganho de 1,0 kg de ganho de peso;

μ e b intercepto e coeficiente de regressão, respectivamente, das equações de predição dos conteúdos corporais em minerais (Ca, P, Mg, Na e K);

M = peso de 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 aquelas perdas endógenas inevitáveis nos processos metabólicos e estimadas de acordo com as recomendações dos sistemas ARC (1980) e NRC (1996).

$$EL = EL_g + EL_m,$$

$$ED = (EL/D);$$

Em que:

EL= Exigência líquida total;

EL_g = Retenção diária do mineral no ganho de peso;

EL_m = Exigência líquida para manutenção ou perdas endógenas do mineral nas fezes e urina;

ED = Exigência dietética e

D = Disponibilidade média do mineral na ração ou coeficiente de absorção do mineral.

Os valores usados para as perdas endógenas totais e os coeficientes de absorção do Ca, P, Mg, Na e K foram os recomendados pelos sistemas ARC (1980) e NRC (1996), conforme pode ser visualizado na Tabela 6.

TABELA 6 – Perdas endógenas totais e biodisponibilidade média de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio nos alimentos

Macronutriente	Perdas endógenas	Biodisponibilidade (%)
Ca	1,54 mg/kg de PV/dia ²	68 ¹
P	16 mg/kg de PV/dia ²	58 ¹
Mg	3,0 mg/kg PV/dia ²	17 ¹
Na	6,8 mg/kg PV/dia	91 ¹
K	Fecal – 2,6 g/kg MS consumida ³	100 ²
	Urinária – 37,5 mg/kg PV/dia	
	Salivar – 0,7 g/100 kg PV/dia	
	Através da pele – 1,1 g/dia	

¹Valores recomendados pelos sistemas ARC (1980);

²Valor recomendado pelo NRC (1996);

³Considerando consumo de MS de 2,4% do PV.

4.0- Resultados e Discussões

4.1. Estimativa do peso de corpo vazio (PCVZ)

A equação obtida por meio da regressão do PVCZ em função do peso do animal vivo, que pode ser observada na Figura 02, baliza valores médios para o PCVZ em 85% do peso do animal vivo (PV). Esses valores são inferiores aos que podem ser estimados pelas equações obtidas por VÉRAS (2000) e àqueles apresentados por PAULINO (2002), extraídos da simples relação PCVZ/PV que fornecem valores de PCVZ de aproximadamente 89% do PV.

Essa diferença, apesar de ser pequena, pode ser explicada pelo fato de tais autores terem trabalhado com animais de raças zebuínas que, via de regra, possuem uma menor relação peso da “digesta/peso corporal total”, atribuída ao menor volume do trato gastrintestinal de animais da referida raça. As constatações de CARVALHO (1989) sustentam esta afirmação, pois, ao laborar com novilhos NELORE; HOLANDÊS, $\frac{1}{2}$ sangue NelorexHolandês e $\frac{3}{4}$ NelorexHolandês, verificou valores de relação PCVZ/PV que variaram de 0,86 para o Nelore, até 0,80 para o Holandês, ficando os mestiços em posição intermediária.

Os intervalos de confiança dos parâmetros da regressão podem ser observados na Tabela 7.

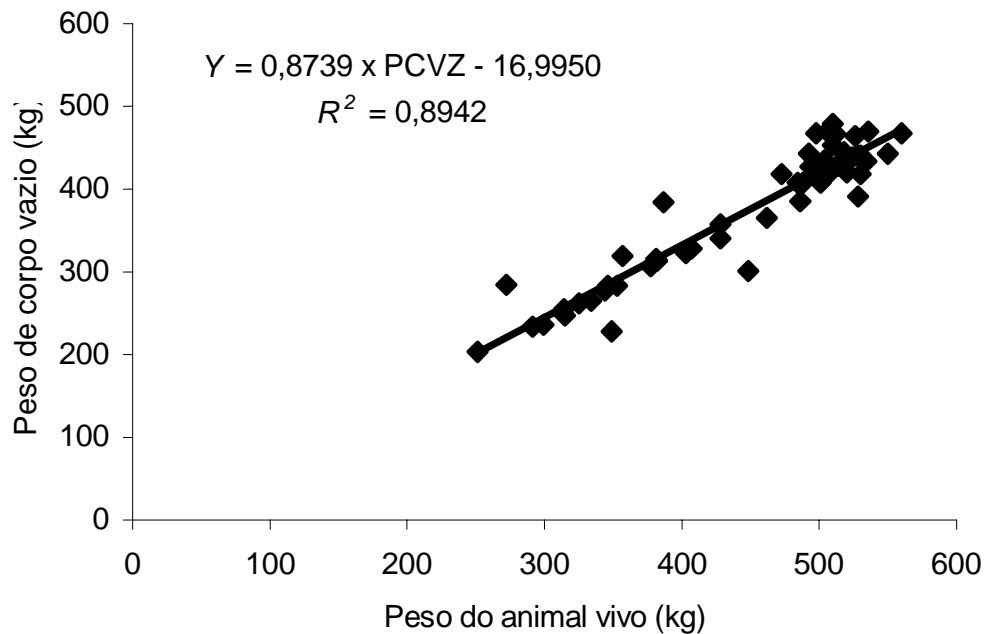


Figura 02: Regressão do peso de corpo vazio em função do peso vivo dos animais experimentais.

Tabela 7 – Intervalo de confiança dos parâmetros da regressão do peso de corpo vazio em função do peso vivo dos animais experimentais

Parâmetros	Estimativas	Intervalo de confiança ($p = 0,95$)	
		Limite inferior	Limite superior
β_0	-16,9950	-59,0260	25,0363
β_1	0,8739	0,7820	0,9658

4.2. Conteúdo em mineral retido no ganho de peso

Os conteúdos dos macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) retidos no corpo de cada animal, calculados em conformidade com o procedimento detalhado na seção 3.6, foram logaritmizados e submetidos a uma análise de regressão em função do logaritmo do peso de corpo vazio dos animais.

E, com o ajuste dos dados, foi possível modelar equações para estimar os conteúdos de cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio, no corpo vazio dos animais. Os parâmetros dessas equações podem ser observados na Tabela 8.

O teste de identidade de modelos (GRAYBILL, 1976) aplicado às equações de regressão do logaritmo do conteúdo dos macronutrientes, cálcio, fósforo e potássio, em função do logaritmo do PCVZ, revelou não haver diferenças ($P > 0,05$) entre os quatro grupos zootécnicos aqui estudados. Dessa forma, adotou-se uma equação comum para a estimativa do conteúdo desses três minerais (Ca, P e K) no corpo dos animais dos quatro grupos zootécnicos.

Contudo, para o magnésio e o sódio, fazendo uso do mesmo teste de identidade de modelos, foram detectadas diferenças ($P < 0,05$) entre as equações de regressão do logaritmo do conteúdo de tais macronutrientes, em função do logaritmo do PCVZ dos animais dos quatro grupos zootécnicos.

Assim, para o sódio, reuniu-se em uma única equação, os grupos **F1** NelorexAberdeen-Angus, Nelore e **F1** NelorexSimental e uma equação exclusiva foi construída para o grupo **F1** NelorexPardoSuíço. Já para o magnésio, reuniu-se os grupos **F1** NelorexAberdeen-Angus e NelorexPardoSuíço em uma equação, e os grupos Nelore e **F1** NelorexSimental em outra equação, conforme pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Parâmetros das equações de regressão do logaritmo do conteúdo de Cálcio, Fósforo, Magnésio, Sódio e Potássio (kg) no corpo vazio, em função do logaritmo de peso de corpo vazio (kg) para os animais dos quatro grupos zootécnicos estudados

Grupo Zootécnico	Macronutriente	Intercepto	Coefficiente	R ²
NELxAB; NEL; NELxPS e NELxSIM**	Cálcio	-1,1609	1,9442	0,83*
NELxAB; NEL; NELxPS e NELxSIM	Fósforo	1,5447	0,7811	0,49*
NELxAB e NELxPS	Magnésio	-3,3343	2,2408	0,67*
NEL e NELxSIM	Magnésio	-0,6881	1,1778	0,85*
NELxAB; NEL e NELxSIM	Sódio	0,4653	0,8806	0,81*
NELxPS	Sódio	-0,8246	1,3676	0,86*
NELxAB; NEL; NELxPS e NELxSIM	Potássio	0,017	1,141	0,88*

*significativo a 5%

** NELxAB = **F1** Nelore x Aberdeen-Angus; NEL = Nelore; NELxPS = **F1** Nelore x Pardo-suíço e NELxSIM = **F1** Nelore x Simental

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”, em média, foram próximas a 1 para os cinco minerais aqui estudados e seus desvios padrões iguais a 0,22; 0,23; 0,26; 0,14 e 0,11; respectivamente, para cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio.

4.3. Análise de variância do conteúdo de minerais retido no ganho

Foram verificadas pelo teste “F” da análise de variância, diferenças entre a retenção do nutriente mineral magnésio, em função dos distintos grupos zootécnicos ($p < 0,05$). Todavia não foi observado efeito de grupo sobre a retenção dos nutrientes cálcio, fósforo, sódio e potássio.

Na Tabela 9 pode-se observar o peso de corpo vazio inicial e final, a proporção de minerais retidos no corpo e no ganho de peso de cada grupo zootécnico.

Tabela 9 - Pesos de corpo vazio inicial e final, cálcio retido no corpo, e cálcio retido no ganho de peso

Peso de corpo vazio (kg)		Mineral retido		
Cálcio				
Grupo Zootécnico	Inicial	Final	Corpo (g/PCVZ)	Ganho (g/GPCVZ)
NELxAB	313,01	435,50	21,42 a	41,64 a
NEL	277,95	436,61	21,47 a	41,74 a
NELxPS	333,66	431,81	21,25 a	41,30 a
NELxSIM	288,54	435,77	21,43 a	41,66 a
Fósforo				
NELxAB	313,01	435,50	9,27 a	7,24 a
NEL	277,95	436,61	9,27 a	7,24 a
NELxPS	333,66	431,81	9,27 a	7,26 a
NELxSIM	288,54	435,77	9,27 a	7,24 a
Magnésio				
NELxAB	313,01	435,50	0,87 a	1,95 a
NEL	277,95	436,61	0,60 b	0,72 b
NELxPS	333,66	431,81	0,86 a	1,80 a
NELxSIM	288,54	435,77	0,60 b	0,71 b
Sódio				
NELxAB	313,01	435,50	1,41 a	1,24 a
NEL	277,95	436,61	1,41 a	1,24 a
NELxPS	333,66	431,81	1,39 a	1,91 b
NELxSIM	288,54	435,77	1,41 a	1,24 a
Potássio				
NxAB	313,01	435,50	2,45 a	2,79 a
NEL	277,95	436,61	2,45 a	2,80 a
NxPS	333,66	431,81	2,44 a	2,79 a
NxSIM	288,54	435,77	2,45 a	2,79 a

*médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, não diferem entre si, ($p>0,05$), pelo teste Tukey.

** NELxAB = **F1** Nelore x Aberdeen-Angus; NEL = Nelore; NELxPS = **F1** Nelore x Pardo-suíço e NELxSIM = **F1** Nelore x Simental

ESTRADA (1996), trabalhando com novilhos Nelore; **F1** NelorexHolandês e **F1** NelorexAngus, analisou, por meio do teste de identidade proposto por GRAYBILL (1976), a regressão dos dados linearizados, não verificando diferenças entre as equações para estimativa dos cinco

macronutrientes (Ca, P, Mg, Na e K) para os grupos *F1 NelorexHolandês* e *F1 NelorexAngus*. Porém, essas diferiram daquela estimada para o grupo *Nelore*.

PAULINO (1996), fazendo uso da mesma metodologia de comparação e das mesmas variáveis, não verificou diferenças entre as equações de predição do conteúdo dos cinco minerais citados para quatro raças zebuínas.

PIRES *et al.* (1993a), trabalhando com animais *Nelore*, *NelorexMarchigiana* e *NelorexLimousin*, constataram que a equação para estimativa do conteúdo corporal em cálcio do grupo *Nelore*, diferiu daquelas para os grupos *NelorexMarchigiana* e *NelorexLimousin*, as quais não apresentaram diferenças entre si. Todavia os autores não observaram diferenças entre os três grupos para a estimativa da equação de predição do conteúdo corporal em fósforo.

Já para o magnésio, PIREs *et al.* (1993b) perceberam 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 apontou diferenças entre as equações dos três grupos.

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

4.5. Exigências dietéticas em macronutrientes minerais

As exigências líquidas dos macronutrientes para ganho de peso foram calculadas pela derivada primeira dos modelos obtidos a partir da relação alométrica $Y = \hat{\alpha} \times M^{\hat{\beta}}$ (BRODY, 1945; KLEIBER, 1975), após sua linearização.

As exigências dietéticas foram obtidas pelo somatório das exigências líquidas para ganho e para manutenção, dividido pelo coeficiente de absorção do mineral. Sendo que, a exigência para manutenção foi estimada de acordo com as recomendações dos sistemas ARC (1980) e NRC (1996)

Desta forma obteve-se a estimativa pontual da necessidade do mineral em questão, para um animal de massa qualquer, no intervalo estudado.

As recomendações para as estimativas das exigências dos minerais para a manutenção, bem como, para os coeficientes de absorção dos elementos minerais, que estão mencionadas na seqüência, podem ser melhor observadas na Tabela 6 da seção 3.8.

4.5.1. Exigências em Cálcio

Tomado, como exemplo, um novilho de 400 kg, considerando 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; balizada nesse trabalho, as necessidades dietéticas em cálcio podem ser estimadas de acordo com Equação 03:

- Equação 03: $Ca(g / dia) = [(15,4/1000 \times 400) + (GMD \times 0,1342 \times 400^{0,9442})] / 0,68$; o que resulta numa exigência dietética em 71,39 g Ca d⁻¹.

O ARC (1965) estimou as exigências dietéticas de cálcio para um novilho de 400 kg de massa corporal e ganhando 1 kg, em 37,2 g d⁻¹, o qual é 61% menor do que os 71,39 g aquilatados no presente. A recomendação do NRC (1996) também é superada em 57% pela estimativa da Equação 03.

Os resultados de trabalhos encontrados na literatura nacional que obtiveram estimativas de exigências dietéticas em cálcio mais próximas deste, foram os de CARVALHO (1989), que estimou o valor de 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 para manutenção, bem como, de coeficientes de absorção únicos para cada elemento, enquadram-se como complicadores na comparação criteriosa entre os valores de exigências dietéticas de elementos minerais estimados nos diferentes trabalhos sobre o tema.

4.5.2. Exigências em Fósforo

Tomando como exemplo o mesmo animal da seção acima, e as recomendações para a exigência de manutenção e coeficiente de absorção dos supra mencionados sistemas, as necessidades dietéticas em fósforo podem ser estimadas de acordo com a Equação 04:

- Equação 04: $P(g/dia) = [(16/1000 \times 400) + (GMD \times 27,3783 \times 400^{0,2189})] / 0,58$; que resulta em 24,26 em g P d⁻¹.

Este valor se aproxima da maioria dos valores encontrados na literatura nacional, entre os quais cita-se ESTRADA (1996) que, trabalhando com animais Nelore, *F1* NelorexHolandês e *F1* Nelore-Angus, aquilatou as exigências dietéticas de fósforo em 28,18 g d⁻¹ para os animais Nelore e 26,24 g d⁻¹ para os mestiços. Entretanto, citado autor adotou as recomendações do AFRC (1991) como exigências para suprir as perdas endógenas do mineral. PAULINO (1996), fazendo uso das mesmas recomendações para as exigências de manutenção do mineral e trabalhando com animais de quatro raças zebuínas, estimou como exigências dietéticas em fósforo, para um animal de 400 kg, 26,09 g d⁻¹. SOARES (1994) empregando a mesma metodologia balizou tais exigências em 25,49 g d⁻¹.

Utilizando-se o ARC (1965), estima-se o valor de 28,6 g d⁻¹, ao passo que, com o mesmo sistema revisto em 1980, a recomendação é reduzida para 21 g d⁻¹ para o fósforo. No NRC (1996), a recomendação é 31% inferior ao valor aqui estimado (Equação 04). Contudo, em se considerado o valor 0,68 para o coeficiente de absorção do elemento, as exigências preditas no presente trabalho são de 19,39 g d⁻¹, próximo aos 18 g diários recomendados pelo sistema americano.

4.5.3. Exigências em Magnésio

Considerando o mesmo exemplo do cálcio e do fósforo, qual seja um novilho de 400 kg, a exigência dietética em magnésio pode ser calculada de acordo com a Equação 05 para os grupos **F1** NelorexAberdeen-Angus e **F1** NelorexPardo-suíço e com a Equação 06 para os grupos Nelore e **F1** NelorexSimental:

- Equação 05: $Mg(g / dia) = [(3/1000 \times 400) + (GMD \times 0,0010 \times 400^{(1,2408)})] / 0,17;$
- Equação 06: $Mg(g / dia) = [(3/1000 \times 400) + (GMD \times 0,2415 \times 400^{(0,1778)})] / 0,17;$

As soluções das equações 05 e 06 resultam em, respectivamente, 15,34 e 11,05 g d⁻¹ como exigência dietética em magnésio. O valor da 15,34 g supera em 38 e 45%, as recomendações britânicas (ARC, 1980) e as norte-americanas (NRC, 1996), respectivamente. Já o valor 11,05 g supera as recomendações de tais conselhos em 14 e 24% na mesma ordem.

No Brasil, SILVA SOBRINHO (1984), trabalhando com novilhos Nelore, Holandês e NelorexHolandês, quantificou as exigências dietéticas em 11,8 g d⁻¹ em magnésio, para um animal com 400 kg de massa corporal, ganhando 1 kg diariamente. SOARES (1994) estimou tais exigências em 9,33 g d⁻¹ e PAULINO (2002), em 8,38 g diários.

A biodisponibilidade do magnésio para bovinos é baixa e variável, constituindo-se numa “perturbação” entre os valores estimados para as exigências dietéticas do macronutriente pelos diferentes trabalhos.

CARVALHO (1989) comenta que a disponibilidade do magnésio em forragens situa-se numa faixa entre 10 a 25% e em grãos e concentrados, de 30 a 40%. COELHO DA SILVA (1995) ressalta as variações individuais na absorção do elemento por bovinos, advertindo que essas podem ocorrer até em gêmeos homozigóticos da referida espécie.

Todavia cita-se que a estimativa das exigências do elemento para ganho de peso, extraídas do modelo aqui proposto, fornece valores mais elevados do

que aqueles relatados por PAULINO (1996) e VÉRAS (2000) que foram de 0,21 g d⁻¹ para um animal de 400 kg, ganhando, diariamente, 1 kg de peso. Os valores desses autores estão em consonância com aqueles listados por LANA (1991) e PAULINO (2002) os quais foram, respectivamente, de 0,21 e 0,25 g de magnésio por dia, como exigências líquidas de um animal em igual situação.

4.5.4. Exigências de Sódio

Com base no exemplo que está sendo trabalhado, a exigência dietética em sódio pode ser estimada por meio da Equação 07, para os grupos **F1** NelorexAberdeen-Angus; Nelore e **F1** NelorexSimental e, equação 08 para o grupo **F1** NelorexPardo-suíço.

- Equação 07: $Na(g / dia) = [(6,8/1000 \times 400) + (GMD \times 2,5708 \times 400^{-0,1194})] / 0,91$;
- Equação 08: $Na(g / dia) = [(6,8/1000 \times 400) + (GMD \times 0,2048 \times 400^{0,3676})] / 0,91$;
resultando em 4,40 e 4,90 g Na d⁻¹, respectivamente para as equações 07 e 08.

Considerando um consumo de matéria seca de 2,4% do peso do animal vivo, os 4,40 e 4,90 g d⁻¹, aqui estimados, representam uma proporção de aproximadamente 0,05% de sódio na ração total, valor esse 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 animal de 400kg, em 0,93 g Na kg⁻¹ ganho, quantia essa, que representa 72% da estimativa obtida a partir da Equação 07.

ESTRADA (1996) desenvolveu seus estudos com novilhos NELORE, **F1** NelorexHolandês e **F1** NelorexAngus e aquilatou as exigências dietéticas do elemento em 4,08 g d⁻¹, para os animais Nelore e 3,93 g diários, para os mestiços, valores esses que representam, respectivamente, 93 e 90% dos 4,40 g estimados no presente trabalho pela Equação 07.

PAULINO (1996), trabalhando com bovinos de quatro raças zebuínas determinou as exigências dietéticas para um animal de 400 kg, ganhando diariamente 1 kg de peso, em 4,03 g Na d⁻¹. CARVALHO (1989), para animais de mesma massa e igual taxa de ganho, orçou as exigências dietéticas do elemento em 4,71 g d⁻¹. SILVA SOBRINHO (1984), por sua vez, estimou tais exigências em 4,6 g d⁻¹.

4.5.5. Exigências em Potássio

O NRC (1996) elaborou uma equação para estimar as necessidades líquidas do macronutriente potássio para manutenção que considera as perdas urinárias, fecais, salivares, sudoríferas e o consumo de matéria seca pelo animal. Assim, tomando como exemplo o mesmo novilho de 400 kg, com a mesma taxa de ganho de peso, consumindo matéria seca numa proporção de 2,4% de seu peso corporal e o coeficiente de absorção adotado para o elemento pelo ARC (1980), pode-se estimar as exigências dietéticas em potássio conforme a Equação 09:

• Equação 09:

$$K(g / dia) = \left[\left(2,6 \times \frac{0,024}{400} \right) + (37,5 / 1000 \times 400) + \left(0,7 \times \frac{400}{100} \right) + 1,1 + (GMD \times 1,1865 \times 400^{0,1410}) \right] / 1^*$$

*coeficiente de absorção considerado igual a 100%.

A solução da Equação 09 resulta no valor de 46,35 g K d⁻¹, como exigência do mineral.

O ARC (1980) recomendou como exigências em potássio a quantia de 43,38 g d⁻¹, valor 6% inferior aos 46,35 g diários estimados no presente estudo. O NRC (1996) recomenda 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 pesquisa conduzidas no Brasil, constata-se uma certa consonância com os resultados da maioria dos trabalhos.

SOARES (1994), trabalhando com bovinos machos não castrados, de diferentes grupos zootécnicos, estimou as exigências dietéticas em potássio para um animal de 400 kg e ganhando 1 kg diariamente, em 43,08 g d⁻¹. PAULINO (1996), utilizando como objeto de estudo animais zebuínos, valorou tais exigências nas mesmas circunstâncias, em 45,28 g d⁻¹.

ESTRADA (1996), trabalhando com animais de diferentes grupos zootécnicos e PAULINO (2002) com novilhos anelados, estimaram valores de exigências dietéticas de potássio que, em média, são 95% daquele aqui balizado.

5.0- Resumo e conclusões

Com a execução do presente, fez-se objetivo a apresentação de modelos matemáticos para estimar o conteúdo de minerais no corpo e no ganho de peso de novilhos em crescimento e oriundos de rebanho de corte.

Outras variáveis observadas e analisadas neste estudo foram as diferenças existentes na retenção dos macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) no ganho de peso de novilhos, pertencentes a distintos grupos zootécnicos.

A fase experimental do trabalho foi realizada no Instituto Melon de Estudos e Pesquisas, *Campus* da Fazenda Barreiro, localizada no Município de Silvânia, Estado de Goiás, utilizando-se 44 novilhos não castrados pertencentes a quatro grupos zootécnicos distintos com idade inicial entre 10 e 11 meses e peso vivo inicial médio 362 ± 35 kg.

Os animais foram distribuídos em cinco grupos experimentais; abate inicial ou referência (AB_i), e quatro grupos de alimentação com diferentes níveis de energia na ração (N₁; N₂; N₃ e N₄). Sendo que, para cada nível (N_n) de alimentação, foram distribuídos dois animais de cada um dos quatro grupos zootécnicos utilizados como objeto de estudo (Nelore; **F1** NelorexAberben-Angus; **F1** NelorexPardo-Suíço e **F1** NelorexSimental).

Após um período de adaptação de 30 dias, no qual todos os animais receberam o mesmo tratamento, aqueles do combinado (AB_i) composto por três animais de cada grupo zootécnico o que dava um total de 12 animais, foram abatidos, servindo como referência para o estudo da composição corporal dos remanescentes de seus respectivos grupos.

Os animais dos quatro grupos restantes foram abatidos, quando, cada um, se aproximava do peso preestabelecido de 500 kg.

A ração experimental, fornecida *ad libitum*, era constituída por feno de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), farelo de soja, milho grão moído, melação em pó e macronutrientes inorgânicos complementares.

Fazendo uso de amostras representativas de variados tecidos, foi determinada a composição corporal de cada um dos cinco macronutrientes estudados.

As exigências líquidas em cada macronutriente, para ganho de peso, foram obtidas por meio da derivada primeira de suas respectivas equações estimadas a partir da regressão do logaritmo do conteúdo do nutriente (Ca, P, Mg Na e K), em função do logaritmo do peso de corpo vazio do animal. Assim, os modelos gerados para estimar a exigência líquida em cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio, para ganho de 1 kg se peso foram, respectivamente:

$$\hat{Y}_{Ca} (g / kgPCVZ) = 0,1342 \times M^{0,9442} \quad \text{para os quatro grupos zootécnicos;}$$

$$\hat{Y}_P (g / kgPCVZ) = 23,3783 \times M^{0,2189} \quad \text{para os quatro grupos zootécnicos;}$$

$$\hat{Y}_{Mg} (g / kgPCVZ) = 0,0010 \times M^{1,2408} \quad \text{para } F1 \text{ NelorexAberbeen-Angus e } F1 \text{ NelorexPardo-Suíço;}$$

$$\hat{Y}_{Mg} (g / kgPCVZ) = 0,2415 \times M^{0,1778} \quad \text{para Nelore e } F1 \text{ NelorexSimental;}$$

$$\hat{Y}_{Na} (g / kgPCVZ) = 2,5708 \times M^{-0,1194} \quad \text{para } F1 \text{ NelorexAberbeen-Angus, Nelore e } F1 \text{ NelorexSimental ;}$$

$$\hat{Y}_{Na} (g / kgPCVZ) = 0,2048 \times M^{0,3676} \quad \text{para } F1 \text{ NelorexPardo-Suíço;}$$

$$\hat{Y}_K (g / kgPCVZ) = 1,1865 \times M^{0,1410} \quad \text{para os quatro grupos zootécnicos.}$$

Para a conversão dos pesos dos animais vivos em peso de corpo vazio foi utilizada a equação obtida a partir da regressão do peso corporal vazio dos animais experimentais, em função de seus pesos quando vivos ($Y = 0,8739 \times M - 16,995$; onde $Y = PCVZ$ e $M = PV$, ambos em kg).

As necessidades em cálcio e fósforo, exigidas para a manutenção, foram estimadas de acordo com a recomendação do NRC (1996), já as dos macronutrientes magnésio, sódio e potássio, foram aquilatadas seguindo a

metodologia do sistema britânico ARC (1980). Os coeficientes de absorção adotados para os cinco minerais foram aqueles propostos pelo ARC (1980).

Por meio do teste de identidade de modelos não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) entre as equações de regressão para os nutrientes cálcio, fósforo e potássio dentre os quatro grupos zootécnicos estudados, todavia foram detectadas diferenças entre as equações de regressão para o magnésio e o sódio.

Foram verificadas pela análise de variância, diferenças entre as retenções do nutriente magnésio, em função dos distintos grupos zootécnicos (Teste F; $p < 0,05$), e a retenção do nutriente magnésio no corpo dos animais dos grupos NelorexAberdeen-Angus e NelorexPardo-Suíço, não diferiu estatisticamente (Teste de Tukey; $p < 0,05$). Por outro lado, essa retenção foi estatisticamente superior àquela dos animais dos grupos Nelore e NelorexSimental, que não diferiram entre si.

6.0- Referências Bibliográficas

- 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 farm livestock.** n. 2. Ruminants, Technical Reviews and Summaries. London: 1965. 264p
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock.** London: 1980. 351p.
- AMMERMAN, C.B.; LOAIZA, J.M.; BLUE, W. G.; GAMBLE, J.F.; MARTIN, F.G.; Mineral composition of tissues from beef cattle under grazing conditions in Panama. **J. Anim. Sci.**, 38 (1): 158-162, 1974.
- ARAÚJO, G.G.L.; Consumo e digestão em vacas lactantes alimentadas com rações contendo diferentes níveis de proteína degradada no rúmen. Viçosa, MG, 1993. UFV, Imprensa Universitária, 1993. 108 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1993
- BECKER, M. Standards for the mineral requirements of the bovines. **An. Res. Develop.**, 2: 131-144, 1975
- BEEDE, D.K. Mineral and Water Nutrition in: Dairy nutrition management **Vet. Clin. N. Amer.**, 7 (2): 373-390, 1991.
- BOIN, C. **Alguns dados sobre exigências de energia e de proteína de zebuínos.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p. 457-466.
- BRODY, S., 1945. **Bioenergetics and growth. With Special Reference to the Efficiency complex in Domestic Animals.** Reinhold Publishing Corporation, New York, USA, 1023p.
- CARVALHO, D.R. **Composição corporal e exigências nutricionais de macroelementos inorgânicos de bovinos.** Viçosa, MG, 1989. UFV, Imprensa Universitária, 1989. 84 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1989

- COELHO DA SILVA, J.F. Exigências de macromelementos inorgânicos para bovinos: o sistema ARC/AFRC e a experiência no Brasil. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES**, 1995, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.467-504.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. 1.ed. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- COELHO DA SILVA, J.F.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I.; CASTRO, A.C.G.; COSTA, W.P.; Efeito da monensina sódica e da uréia, sobre o consumo parâmetros ruminais, digestibilidade aparente e balanço nutricional em bovinos. **Rev. Soc. Bras. Zoot.** 20 (50): 450-470, 1991.
- COMBS, D.K; GOODRICH, R. D., MEISK, J. C. Mineral concentrations in hair as indicators of the mineral status. **J. Amin. Sci.**, **54** (2): 391-398, 1982.
- CONRAD, J. H. Mc DOWELL, L. R.; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K.. **Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais**. Trad. De Valéria Pacheco Euclides. Campo Grande, MS; EMBRAPA-CNPQC, 1985. 90p.
- DUKES, H.H. Fisiologia dos animais domésticos – SWENSON, M.J.; REECE, W.O. Trad. QUINTANILHA, et. al. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1996.
- ESTRADA, L.H. C. **Composição corporal e exigências de proteína, energia e macromelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), características da carcaça e desempenho do nelore e mestiços em confinamento**. Viçosa, MG, 1996. UFV, Imprensa Universitária, 1996. 129 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1996
- EZEQUIEL, J.M.B. **Exigências de proteína e minerais de bovídeos: Frações endógenas**. Viçosa, MG, 1989. UFV, Imprensa Universitária, 1989. 131 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1989
- 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. *Anais...* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.419-455.
- GRACE, N.D. Amounts and distribution of mineral elements associated with fleece-free empty body weight gains in the grazing sheep. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.26, n.1, p.59-70, Jan. 1983.

- HANKINS, O.G. & HOWE, P.E. Estimation of the composition of the beef carcasses and cuts. U.S.D.A. **Technal. Bull.**, n. 926. 1946.
- HANSARD, S.L.; COMAR, C.L.; PLUMLEE, M.P. The effects of the age upon calcium utilization and maintenance requirements in the bovine. **J. Anim. Sci.**, **13**: 25-36, 1954.
- KLEIBER, M., 1975. **The Fire of Life: an introduction to animal energetics.** Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington, USA, 453p.
- LANA, R.P. **Composição Corporal e Exigências de Energia, Proteína e Macroelementos Minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de Novilhos de Cinco Grupos Raciais, em Confinamento.** Viçosa, MG, 1991. UFV, Imprensa Universitária, 1991. 134 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1991
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, AA.J.; QQUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; SILVA, D.J.; Composição corporal e do ganho de peso e exigências de proteína energia 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. **R. soc. Bras. Zoot.**, **21** (3): 538-544, 1992.
- LOPES, H.O.S.; VITTI, D.M.S.S.; PEREIRA, E.A.; ABDALA, A.L.; MORAIS, E.A.; SILVA FILHO, J.CC.; FICHTNER, S.S.; Disponibilidade biológica do fósforo de fosfatos naturais para bovinos pela técnica de diluição isotópica. **Pesq. Agrop. Bras.**, 25 (04): 421-425, 1990.
- MARGON, A.L. **Requerimentos de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para engorda de novilhos zebu.** Viçosa, MG, 1981. UFV, Imprensa Universitária, 1981. 74 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1981
- McDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; ELLIS, G.L. Mineral deficiencies and imbalances, and their diagnosis **In: Herbivore nutrition in the subtropics and tropics.** S.1., s. ed., 1984. p. 67-88.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. **Nutrição animal.** 3. Ed. Trad. de Antônio B.N. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1984. 736p.
- MILLER, W.J. **Dairy cattle feeding and nutrition.** New York, Academic Press, 1979.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle.** 6.ed. Washington, D.C: 1984. 90p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2001. 362p.
- NOUR, A.Y.M.; & THONNEY, M.L. Minerals of the carcass soft tissue and bone of serially slaughtered cattle as affected by biological type and management. **J. Anim. Sci.**, **111**: 41-49, 1988.
- PAULINO, M.F. **Composição corporal e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos não-castrados de quatro raças zebuínas em confinamento**. Viçosa, MG, 1996. UFV, Imprensa Universitária, 1996. 80 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1996.
- PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais e validação da seção HH para predição da composição corporal de bovinos**. Viçosa, MG, 2002. UFV, Imprensa Universitária, 2002. 143 p. dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 2002.
- PELLER, H.T.; Biological availability of the nutrients, in feeds: Availability of the major mineral ions. **J. Anim. Sci.** (35) 695-712
- PIRES, C.C.; FONTES, C.C.A.; GALVÃO, J.G.; QUEIROZ, A.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; PAULINO, M.F.; Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento III – Exigência de cálcio e fósforo para ganho de peso. **R. soc. Bras. Zoot.**, **22** (1): 133-143 1993a.
- PIRES, C.C.; FONTES, C.C.A.; GALVÃO, J.G.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; PAULINO, M.F.; Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento IV – Exigência de magnésio, sódio e potássio. **R. soc. Bras. Zoot.**, **22** (1): 144-154 1993b.
- ROSADO, M.; **Efeito do complexo ácido-graxo cálcio sobre a digestibilidade aparente, alguns parâmetros ruminais e taxas de passagem em vacas lactantes**. Viçosa, MG, 1991. UFV, Imprensa Universitária, 1991. 96 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1991
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 1990. 168p.
- SILVA, D.J. e QUEIRÓZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

- SILVA, F.F. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína** Viçosa, MG, 2001. UFV, Imprensa Universitária, 2001. 211 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 2001.
- SILVA FILHO, J.C.; **Absorção renal do fósforo dos fosfatos bicálcico, monoamônio, supertriplo e de uréia em bovinos, através da diluição do radiofósforo (P-32)**, Piracicaba, SP, USP, 1990.86p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA SOBRINHO, A.G. **Requerimentos de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para seis grupos genéticos de bovídeos**. Viçosa, MG, 1984. UFV, Imprensa Universitária, 1984. 61 p. 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 em bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos**. Viçosa, MG, 1994. UFV, Imprensa Universitária, 1994. 77 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 1994.
- SOUSA, J.C., **Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte**. Brasília, EMBRAPA-DID, 1981, 50p. (EMBRAPA- CNPGC. Circular Técnica, 5).
- TOOD, J. R., **Mineral studies with isotopes in domestic animals**. Viena, International Atomic Energy Agency, 1971.
- THONNEY, M. L., TOUCHBERRY, R. W., GOODRICH, R. D., and MEISK, J. C. **Intraspecies relationship between fasting heat production and body weight: A Reevaluation of $W^{.75}$** Journal of Animal Science, v. 43, No. 3 (1976).
- THOMPSON, D. J. & WERNER, J.C. Cálcio fósforo e flúor na alimentação animal. In: **SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS**, Belo Horizonte, 1976. Resumos ... Belo Horizonte UFMG, UFV, ESAL, EPAMIG, 1976. p.85.
- THOMPSON, J.K.; GELMAN, A.L.; WEDDELL, J.R. **Mineral retentions and body composition of grazing lambs**. Animal Production, Edinburg , v.46, n.1, p.53-62, Jan. 1988.

- TILMAN, A.D. & BRETHOUR, J.R. Dicalcium phosphate and phosphoric acid as phosphorus sources for beef cattle. , **J. Nutr.**, **79**: 100-103,1963a.
- TILMAN, A.D. & BRETHOUR, J.R. Utilization of phytin phosphorus by sheep, **J. Nutr.**, **79**: 104-112,1963b.
- VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; COSTA W.P.; Absorções aparentes totais e parciais de sódio, potássio, magnésio, cobre e manganês em bovinos alimentados com rações purificada e simipurificada. **In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 28, João Pessoa, 1991. **Anais...** SBZ 1991.p.179.
- VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; COSTA W.P.; Absorções aparentes totais e parciais de cálcio e fósforo em bovinos alimentados com rações purificada e simipurificada. **In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 28, João Pessoa, 1991. **Anais...** SBZ 1991.p.178.
- VITTI, D.M.S.S.; ABDALA, A.L.; MEIRELLES, C.F.F.; SILVA FILHO, J.C.; Absorção renal do fósforo de diferentes fontes para ovinos, através do uso do radiofósforo (P-32) **Pesq. Agrop. Bras.**, 27 (10): 1405-1408, 1992.
- VITTI, D.M.S.S.; ABDALA, A.L.; MEIRELLES, C.F.; Cinética do fósforo em ovinos suplementados com diferentes fontes fosfatadas, através da técnica de diluição isotópica. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.**, 44 (02): 227-233, 1992a.
- VÉRAS, A.S.C. **Consumo, digestibilidade, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado**. Viçosa, MG, 2000. UFV, Imprensa Universitária, 2000. 166 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa., 2000.
- WACKER, W.E.C.; *Magnesia and Man*. Cambridge, Mass: Harvard University Press. 1980.
- WILLIAMS, J.E.; WAGNER, D.G.; WALTERS, L.E.; HORN, G.W.; WALLER, G.R.; SIMS, P.L.; GUENTHER, J.J. Effect of production systems on the performance, body composition and lipid and mineral profiles of the soft tissue in cattle. **J. Anim. Sci.**, **57** (4): 1020, 1983.
- WISE, M.B.; ORDOVEZA, A.L.; BARRICK, E.R.; Influence of the variations in dietary Calcium:phosphorus ration on and blood constituents of the calves. **J. NUTR.** **79**: 79-84, 1963b.

7.0- Apêndice

Número do animal (NA); Grupo Zootécnico (GZ): 1 = **F1** Nelore x Aberdeen-Angus, 2 = Nelore, 3 = **F1** Nelore x Pardo-suíço e 4 = **F1** Nelore x Simental; Categoria (CAT): 1 = Abate Inicial; 2 = Grupo de Ganho de Peso; Peso do Animal Vivo (PV) e Peso de Corpo Vazio (PCVZ)

NA	GZ	CAT	PV	PCVZ
55	1	2	506	416,48
57	1	2	514	427,57
58	1	1	291	233,33
59	1	2	510	478,95
60	1	2	534	433,42
61	1	2	530	440,88
62	1	2	501	407,71
64	1	1	353	282,72
65	1	2	528	440,65
67	1	1	334	264,85
69	1	2	524	438,30
01	2	1	349	227,65
02	2	2	498	467,70
03	2	2	518	444,79
06	2	1	272	284,53
07	2	2	512	466,20
08	2	2	520	420,78
10	2	2	510	453,09
11	2	2	518	436,72
13	2	2	473	418,13
14	2	1	299	236,06
17	2	2	486	385,44
19	3	2	484	407,54
20	3	2	526	464,08
218	3	2	528	391,09
23	3	1	428	340,43
24	3	1	314	254,99
27	3	2	550	442,99
29	3	2	488	408,41
31	3	1	325	261,54
32	3	2	520	438,07
34	3	2	560	467,72
35	3	2	504	434,61
38	4	1	251	203,45
40	4	2	530	417,70
42	4	2	492	443,02
45	4	1	403	322,68
47	4	1	315	247,40
48	4	2	536	469,15
49	4	2	494	426,74
52	4	2	502	410,82
53	4	2	506	469,20
54	4	2	502	424,67
73	4	2	507	424,89

Número do animal (NA); grupo zootécnico (GZ): 1 = **F1** Nelore x Aberdeen-Angus, 2 = Nelore, 3 = **F1** Nelore x Pardo-suíço e 4 = **F1** Nelore x Simental; categoria (CAT): 1 = abate inicial; 2 = grupo de ganho de peso; peso de corpo vazio (PCVZ) e conteúdos corporais em Cálcio, Fósforo, Magnésio, Sódio e Potássio em kg

NA	GZ	CAT	PCVZ	Ca (kg)	P (kg)	Mg (kg)	Na (kg)	K (kg)
55	1	2	416,48	8,9482	4,9120	0,2434	0,6693	1,1517
57	1	2	427,57	9,2698	3,8821	0,2363	0,6125	1,0458
58	1	1	233,33	3,0747	2,7759	0,1094	0,3534	0,5044
59	1	2	478,95	10,0567	4,0414	0,7870	0,5311	0,9506
60	1	2	433,42	6,9534	4,1957	0,2489	0,6468	1,0209
61	1	2	440,88	6,3066	4,2027	0,3127	0,6749	1,1158
62	1	2	407,71	13,3806	5,1184	0,3421	0,7187	1,1535
64	1	1	282,72	3,0755	2,8037	0,1177	0,3739	0,6247
65	1	2	440,65	10,6626	4,4177	0,5836	0,6202	1,2411
67	1	1	264,85	3,1807	2,8778	0,1176	0,3793	0,5757
69	1	2	438,30	10,5797	4,3160	0,5627	0,5603	1,1121
01	2	1	227,65	3,5331	2,5742	0,1106	0,3898	0,5856
02	2	2	467,70	11,5618	4,5792	0,2555	0,5862	0,9530
03	2	2	444,79	12,4670	4,4453	0,2735	0,7252	1,2717
06	2	1	284,53	4,4574	3,2443	0,1397	0,4905	0,7346
07	2	2	466,20	10,9891	4,1780	0,2941	0,7439	1,2214
08	2	2	420,78	9,7705	3,6599	0,2860	0,5962	0,9554
10	2	2	453,09	10,4047	7,2871	0,3107	0,6040	1,1228
11	2	2	436,72	11,0968	4,5892	0,2761	0,6434	1,0298
13	2	2	418,13	10,9671	3,8954	0,2314	0,5362	0,9286
14	2	1	236,06	3,4043	2,4957	0,1108	0,3858	0,6149
17	2	2	385,44	8,2465	1,9019	0,2199	0,5747	0,9377
19	3	2	407,54	11,2774	4,0998	0,7070	0,6631	1,0966
20	3	2	464,08	9,8035	3,9032	0,3228	0,5374	0,9763
218	3	2	434,61	6,3540	3,6591	0,3160	0,6876	1,0338
23	3	1	340,43	3,8606	2,7552	0,1754	0,3806	0,6857
24	3	1	254,99	2,7856	2,0229	0,1263	0,2836	0,5226
27	3	2	442,99	9,8906	4,6455	0,3049	0,6262	1,0548
29	3	2	408,41	10,5778	5,1344	0,2624	0,6163	1,0344
31	3	1	261,54	3,3166	2,3477	0,1404	0,3043	0,5434
32	3	2	438,07	10,8612	4,3669	0,2560	0,6108	1,0158
34	3	2	467,72	12,5272	4,2648	0,8786	0,6033	1,1310
35	3	2	391,09	9,4985	3,9578	0,3177	0,5671	1,0364
38	4	1	203,45	2,3612	2,5338	0,1265	0,2851	0,4299
40	4	2	417,70	7,9707	2,1867	0,3211	0,6350	1,0470
42	4	2	443,02	9,6577	3,4990	0,1943	0,5535	1,1110
45	4	1	322,68	3,1268	3,3641	0,1955	0,4097	0,6758
47	4	1	247,40	2,7746	2,9814	0,1460	0,3415	0,5291
48	4	2	469,15	9,2012	3,9484	0,2694	0,5234	0,9902
49	4	2	426,74	8,9889	3,6936	0,2465	0,6843	1,2769
52	4	2	410,82	8,5536	3,7865	0,2931	0,5961	0,9585
53	4	2	469,20	10,0305	4,0668	0,2928	0,6684	1,3189
54	4	2	424,67	7,5036	3,9646	0,2880	0,6062	1,0406
73	4	2	424,89	6,0738	4,0729	0,2171	0,6312	1,1843