



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

ADRIEL VILELA BASTOS

NÍVEIS SÉRICOS DE CÁLCIO, FÓSFORO E MAGNÉSIO EM VACAS LEITEIRAS COM  
SUPLEMENTAÇÃO DE SAL MINERAL EM ALIMENTO ATRATIVO OU *AD LIBITUM*

Brasília - DF

Julho de 2014



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

ADRIEL VILELA BASTOS

NÍVEIS SÉRICOS DE CÁLCIO, FÓSFORO E MAGNÉSIO EM VACAS LEITEIRAS COM  
SUPLEMENTAÇÃO DE SAL MINERAL EM ALIMENTO ATRATIVO OU *AD LIBITUM*

Monografia apresentada para a  
conclusão do curso de Medicina  
Veterinária da Faculdade de Agronomia  
e Medicina Veterinária da Universidade  
de Brasília

Orientador  
Professor Dr. José Renato Junqueira Borges

Brasília - DF

Julho de 2014

## Ficha Catalográfica

Bastos, Adriel Vilela

Níveis Séricos de Cálcio, Fósforo e Magnésio em Vacas Leiteiras com Suplementação de Sal Mineral em Alimento Atrativo ou *Ad Libitum*;

Orientação de José Renato Junqueira Borges – Brasília, DF, 2014. 37 p.

Monografia de graduação – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

1. Avaliação nutricional. 2. Perfil metabólico. 3. Cálcio. 4. Fósforo. 5. Magnésio. 6. Deficiência mineral. 7. Vacas em lactação. I. Borges, José Renato Junqueira; II. Níveis Séricos de Cálcio, Fósforo e Magnésio em Vacas Leiteiras com Suplementação de Sal Mineral em Alimento Atrativo ou *Ad Libitum*.

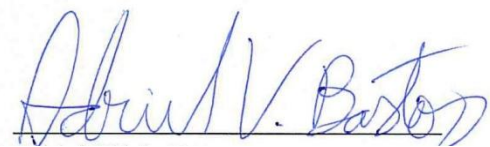
## Cessão de direitos

Nome do autor: Adriel Vilela Bastos

Título da monografia: Níveis Séricos de Cálcio, Fósforo e Magnésio em Vacas Leiteiras com Suplementação de Sal Mineral em Alimento Atrativo ou *Ad Libitum*

Ano: 2014

É concedida permissão à Universidade de Brasília para reproduzir cópias desta monografia e para emprestá-las ou vendê-las somente com propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.



Adriel Vilela Bastos

020.147.351-82


Rua D, Quadra 8, nº 148, Jardim Araguaia,  
78600-000 – Barra do Garças – MT, Brasil  
(61) 9972-5618, [adrielvastos@gmail.com](mailto:adrielvastos@gmail.com)

NÍVEIS SÉRICOS DE CÁLCIO, FÓSFORO E MAGNÉSIO EM VACAS LEITEIRAS COM  
SUPLEMENTAÇÃO DE SAL MINERAL EM ALIMENTO ATRATIVO OU *AD LIBITUM*

ADRIEL VILELA BASTOS

Monografia de conclusão do curso de Medicina  
Veterinária apresentada à Faculdade de Agronomia  
e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

COMISSÃO EXAMINADORA



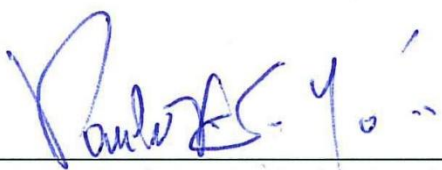
---

Prof. Dr. José Renato Junqueira Borges  
Universidade de Brasília – UnB



---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Giane Regina Paludo  
Universidade de Brasília – UnB



---

M. V. Paulo Fernando de Siqueira Gaudio  
EMATER – DF

Brasília-DF, 11 de julho de 2014

Dedico a Deus, que é a minha força, aos meus amados pais, Onilton e Maria, e ao meu irmão, Honiel, que muito contribuíram, sem medir esforços, na realização de mais essa conquista.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e aos meus amados pais, Onilton Vieira Bastos e Maria de Fátima Otacília Vilela Bastos por serem os principais apoios para a firmeza nessa jornada. Agradeço pela força, incentivo e dedicação em me apoiar nas decisões a serem tomadas durante todas as etapas da trajetória honrosa do curso de Medicina Veterinária. Os cinco anos de lutas e vitórias são decorrentes da presença de vocês durante a caminhada.

Agradeço também ao meu irmão Honiel Vilela Bastos, pela amizade e companheirismo, aos meus tios Paulo Henrique dos Santos Porto e Rosane Vieira Porto, pela amizade e pelo apoio imprescindível de moradia durante o curso, às minhas primas Giovanna e Gabrielle pela amizade e companheirismo.

Agradeço aos meus amigos Gustavo Gomes, Lucas Manzi, Thiego Aguilar e Verônica Lourença pelos inesquecíveis momentos de alegria e amizade.

A todos os professores, com destaque especial para Marcelo Ismar S. Santana, que foi meu orientador do Projeto de Iniciação Científica. Devo lembrar também dos grandes professores Carlos Henrique Saquetti, Clayton Quirino (Cirilo), Estevam Hoppe, Giane Regina Paludo, Ivo Pivato, Luci Murata, Márcia Aguiar, Rodrigo Arruda e Simone Perecmanis, que inspiram nos alunos a vontade de vencer e de trabalhar com dedicação e qualidade. A todos os professores, muito obrigado.

Aos médicos veterinários e amigos Pedro Guerra Kosinski, Paulo Fernando S. Gaudio e Ivan Castro e ao zootecnista Heligleyson Borges Vieira pela oportunidade de trabalharmos juntos e pela grande experiência compartilhada, proporcionando crescimento profissional e pessoal.

À Emater/DF pela oportunidade de estágio, proporcionando vivência prática no meio rural, trazendo a oportunidade de adquirir maiores conhecimentos sobre Extensão rural e medicina veterinária de animais de produção, bem como dos sistemas produtivos mais eficientes na atualidade. Agradeço também a toda a equipe da Emater/DF no escritório de São Sebastião (Heligleyson, Lídia, Luciana, Francisca, Marlon, Orlando, Fernanda, Luis, Paulo e Pedro) pela amizade e pelos momentos de alegria.

À família “HVETÃO”, incluindo professores, residentes, funcionários e estagiários pelas alegrias, amizades, companheirismo e ensinamentos. Obrigado aos residentes Cleyber, Juliana, Larissa, Marcel, Natália e Vítor, pela amizade e por proporcionarem muitos ensinamentos.

À Universidade de Brasília, que, apesar das dificuldades, ofereceu um ambiente para aprendizado com bons professores, bem como a possibilidade de almejar maior nível de conhecimento e de lutar por uma carreira muito digna, trabalhando com apreço e dedicação.

Agradeço imensamente ao meu grande orientador, José Renato Junqueira Borges. Obrigado pela amizade, companheirismo, ensinamentos, experiência compartilhada e confiança depositada em mim na realização deste trabalho.

BASTOS, A. B. Níveis Séricos de Cálcio, Fósforo e Magnésio em Vacas Leiteiras com Suplementação de Sal Mineral em Alimento Atrativo ou *Ad Libitum*. 2014. 37 páginas. Monografia apresentada para a conclusão do curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília. Brasília, DF.

## RESUMO

As deficiências minerais estão presentes em muitas partes do mundo, acometendo grande quantidade de animais de produção, causando grandes prejuízos à produção agropecuária. As avaliações nutricionais dos animais de produção podem ser feitas de diversas maneiras, incluindo a avaliação dos sinais clínicos, dos alimentos, do solo, de desempenho e por meio de dosagens nos tecidos animais. Durante décadas, a análise dos componentes sanguíneos tem sido a forma mais frequente de conhecer e interpretar o estado de saúde da vaca leiteira. O presente estudo teve como objetivo avaliar os níveis sanguíneos de cálcio, fósforo e magnésio em vacas leiteiras em lactação, levando em consideração dois diferentes tipos de mineralização: animais recebendo sal mineral juntamente com um alimento atrativo (grupo 1), e animais consumindo sal mineral *ad libitum* (grupo 2). Os resultados demonstraram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os grupos para os níveis sanguíneos de cálcio e magnésio. As concentrações séricas de fósforo não demonstraram diferenças significativas entre os grupos. Os maiores níveis séricos de cálcio e magnésio foram apresentados pelos animais que consumiam sal mineral com o alimento palatável. O cálcio demonstrou níveis séricos abaixo dos valores de referência em 35% dos animais do grupo 1 e em 70% dos animais do grupo 2. Níveis séricos de magnésio abaixo dos valores normais foram verificados em 65% dos animais do grupo 1, contra 100% dos animais do grupo 2. A mistura do sal mineral a um alimento atrativo aumentou os níveis séricos de cálcio e magnésio nas vacas leiteiras avaliadas.

**Palavras-chave:** Avaliação nutricional, perfil metabólico, cálcio, fósforo, magnésio, deficiência mineral, vacas em lactação.



BASTOS, A. B. Serum Levels of Calcium, Phosphorus and Magnesium in Dairy Cows with Salt Mineral Supplementation in Attractive food or *Ad Libitum*. 2014. 37 pages. Monografia apresentada para a conclusão do curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília. Brasília, DF.

#### ABSTRACT

Mineral deficiencies are present in many places of the world, affecting lots of farm animals, causing damage to animal production. The nutrition evaluation of livestock can be done in various ways, including evaluation of clinical signs, food, soil, and measurements in animal tissues. For decades the analysis of blood components has been often the way of knowing and interpreting the health for dairy cows. This study aimed to evaluate the blood levels of calcium, phosphorus and magnesium in dairy cows, taking into account two different types of mineralization: animals receiving salt mineral together with attractive food (group 1) and animals consuming mineral salt *ad libitum* (group 2). The results showed significant difference ( $P < 0.05$ ) between groups for blood levels of calcium and magnesium. Serum phosphorus concentrations showed not significant differences between groups. The higher serum levels of calcium and magnesium were presented by the animals consuming mineral salt with palatable food. Calcium showed serum levels below the reference range in 35% of animals in group 1 and in 70% of group 2. Serum magnesium levels below normal were observed in 65% of animals in group 1, compared to 100% of group 2. The mixture of the mineral salt added to the feed increased the serum levels of calcium and magnesium in the dairy cows evaluated.

**Keywords:** Nutritional assessment, metabolic profile, calcium, phosphorus, magnesium, mineral deficiency, dairy cows.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> calda de um bovino demonstrando o ponto de colheita de sangue. ....	25
<b>FIGURA 2:</b> procedimento de colheita de sangue da artéria coccígea de um bovino. ....	26
<b>FIGURA 3:</b> mineralização dos animais do Grupo 1. O alimento atrativo faz com que os animais tenham maior apetite pela ingestão do mineral.....	27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Médias e desvios-padrão dos níveis séricos de cálcio, fósforo e magnésio, em mg/dl, dos grupos de bovinos avaliados.....	28
<b>Tabela 2:</b> Médias e desvios-padrão dos níveis séricos de cálcio, fósforo e magnésio (mg/dl), nas sete diferentes propriedades avaliadas. ....	29
<b>Tabela 3:</b> Porcentagem de animais com níveis séricos normais, baixos e aumentados de Ca, P e Mg, com distinção entre os grupos 1 e 2. ....	29
<b>Tabela 4:</b> Porcentagem de animais com níveis séricos normais, baixos e aumentados de Ca, P e Mg, com distinção entre as propriedades 2 a 7, pertencentes ao grupo 2.....	30
<b>Tabela 5:</b> Porcentagem de animais com níveis séricos normais, baixos e Aumentados de Ca, P e Mg, considerando todos os animais (n=80). ....	30

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 CÁLCIO.....	15
2.2 FÓSFORO.....	18
2.3 MAGNÉSIO .....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4. RESULTADOS .....	28
5. DISCUSSÃO.....	30
6. CONCLUSÕES .....	33
REFERÊNCIAS.....	34

## 1. INTRODUÇÃO

As deficiências minerais estão presentes em muitas partes do mundo, acometendo grande quantidade de animais de produção, os quais consomem dietas que muitas vezes não satisfazem às suas necessidades. Estas deficiências podem ocorrer em diversos graus, desde severas, com perturbações mais ou menos características, até leves, com sintomas não específicos, como desenvolvimento lento, problemas de fertilidade, baixo rendimento da carcaça e pouca produção de leite (TOKARNIA et al., 2000).

Os minerais, apesar de constituírem somente 4% do peso corporal de um animal vertebrado, têm grande relevância no seu metabolismo, sendo essenciais tanto na utilização de proteína e energia quanto para a síntese de componentes essenciais ao organismo. Com isso, as funções dos minerais no organismo são variadas e complexas. A maioria dos sistemas enzimáticos e hormonais é dependente de níveis adequados de elementos minerais. Alguns elementos minerais, além da participação em cadeias enzimáticas, têm função estrutural, como é visto para o cálcio, o fósforo e o magnésio, que participam da estrutura óssea. A manutenção de algumas atividades vitais para o organismo, tais como equilíbrio acidobásico do sangue, pressão osmótica, permeabilidade de membranas e transmissão de estímulos nervosos é dependente da presença e do equilíbrio de certos minerais, como cálcio, fósforo, magnésio, sódio, cloro e potássio (DAYRELL, 1985).

Há muito se acreditava que os animais deveriam ser alimentados por apenas três nutrientes ativos: proteínas, carboidratos e lipídeos. Contudo, com o avanço das pesquisas em produção animal, verificou-se que as exigências nutricionais dos animais aumentavam, e, concomitantemente, aumentava a necessidade de outros nutrientes, que teriam funções vitais no organismo. Em consequência, as pesquisas passaram a dar atenção também a outros compostos essenciais, como as vitaminas, aminoácidos, ácidos graxos e substâncias minerais, bem como às suas formas de suplementação (MENDONÇA Jr. et al., 2011).

Uma grande parcela dos animais de produção consomem dietas que não suprem as suas exigências em relação aos minerais. Os alimentos mais comumente utilizados para alimentar ruminantes contêm proporções desequilibradas, com deficiência ou excesso desses elementos, provocando sérios distúrbios metabólicos (Mendonça Jr., 2011).

Durante décadas a análise dos componentes sanguíneos tem sido a forma mais frequente de conhecer e interpretar o estado de saúde da vaca leiteira, principalmente no que se refere ao seu estado metabólico (Wittwer, 2000).

Tendo em vista o exposto, este trabalho teve como objetivos observar a possível presença de deficiências de cálcio, fósforo e magnésio em vacas leiteiras em lactação sob pastejo na região administrativa de São Sebastião no Distrito Federal; bem como verificar a possível influência do manejo de nutrição mineral sobre os níveis séricos de Ca, P e Mg, considerando dois tipos de mineralização: mineral misturado a alimentos atrativos e mineral à vontade no cocho para o consumo voluntário.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Tokarnia et al. (2000), os minerais desempenham três tipos de funções essenciais para o organismo animal. A primeira delas diz respeito à participação como componentes estruturais dos tecidos corporais (por exemplo, Ca, P e Mg). Também atuam nos tecidos e fluidos corporais como eletrólitos para manutenção do equilíbrio acidobásico, da pressão osmótica e da permeabilidade das membranas celulares (Ca, P, Na, Cl). Por fim, funcionam também como ativadores de processos enzimáticos (Mg, Cu, Mn) ou como integrantes da estrutura de metalo-enzimas (Zn, Mn) ou vitaminas (Co).

Em vacas lactantes no início do período de lactação as deficiências de cálcio e de fósforo são consideradas normais. As vacas permanecem em balanço negativo de cálcio até aproximadamente a 20ª semana de lactação, e de fósforo até a 12ª semana pós-parto, até mesmo quando há suplementação abundante desses minerais em suas rações. Para atender às suas exigências nutricionais nesse período, os animais mobilizam reservas ósseas, levando à desmineralização dos ossos (LUCCI, 1977).

As exigências minerais para o gado leiteiro durante seu ciclo produtivo já estão bem definidas. O sal mineral deve ser adicionado ao concentrado e em quantidades compatíveis com os requerimentos dos animais, segundo sua categoria e período de produção. O fornecimento do sal mineral com a ração concentrada e a sua mistura em cochos cobertos, deve-se ao fato de que a vaca não consumirá voluntariamente segundo as suas necessidades nutricionais, se o mesmo for oferecido livremente, o que contraria a crença generalizada do consumo voluntário (Neiva,

2000). Por outro lado, os animais têm capacidade de regular suas necessidades, pois há ampla margem de segurança entre os níveis que podem causar carência e os níveis tóxicos, que é determinada pela regulação da absorção e excreção. Deve-se salientar que as necessidades não só variam com a idade e a fase produtiva do animal, mas, principalmente, com o nível de produção do mesmo (Riet-Correa, 2007).

Durante os períodos de deficiência alimentar ou quando as necessidades aumentam, como durante a gestação e a lactação, o cálcio e o fósforo são rapidamente mobilizados dos ossos para manter os níveis normais e dentro de limites constantes (especialmente de cálcio) no sangue e outros tecidos moles (HAYS & SWENSON, 1996).

Segundo Lucci (1977), a avaliação do estado nutricional dos bovinos é um tema bastante amplo e difícil de ser abordado sem perder-se a noção do todo. Este autor afirma que o julgamento do estado nutricional dos bovinos pode ser feito de quatro formas: (1) por observação, que inclui inspeção, anamnese, palpação, percussão e auscultação; (2) por meio de recursos laboratoriais, que incluem análises quantitativas de biópsias, amostras de sangue, amostras de urina, análise do líquido cefalorraquidiano, achados de necropsia em exames histológicos e análises quantitativas de certos elementos do leite; (3) por análise das rações em relação às exigências dos animais, que inclui dados sobre a qualidade da ração e seu consumo pelos animais, análise de solo, análise de forragens e concentrados e análise do sal mineral e da sua ingestão pelos animais; e (4) por meio de análises de desempenho, comparando-se os resultados obtidos com os padrões estabelecidos como normais, incluindo os resultados de peso vivo e resultados reprodutivos.

O predomínio das condições carenciais classificadas como marginais, caracterizadas por manifestações clínicas pouco expressivas e inespecíficas, faz com que a avaliação de sintomas possua importância limitada (Kaneko et al., 1997; Balarin et al., 1998). Para o diagnóstico e estudo das doenças metabólicas nutricionais têm sido empregados, desde a década de 1970, os perfis metabólicos em rebanhos de bovinos de leite e em rebanhos ovinos. Esses perfis permitem estabelecer, por meio de análises sanguíneas de grupos representativos de animais de um rebanho, o grau de adequação nas principais vias metabólicas relacionadas à energia, proteínas e minerais, bem como a funcionalidade de órgãos vitais para a produção de leite (WITTWER, 2000).

A composição bioquímica do plasma sanguíneo reflete de modo fiel a situação metabólica dos tecidos animais, de modo que é possível avaliar lesões teciduais, transtornos no funcionamento dos órgãos, adaptação dos animais diante de desafios nutricionais e fisiológicos e desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003).

## 2.1 CÁLCIO

O cálcio (Ca) é o mais abundante mineral no corpo, representando cerca de 2% do peso corporal de um animal. Aproximadamente 98% estão presentes no esqueleto e nos dentes. Os restantes 2% estão amplamente distribuídos nos tecidos moles e no fluido extracelular. Os animais utilizam o cálcio para a formação dos ossos e dos dentes, para a transmissão de impulsos nervosos, para desencadear a contração muscular, para a coagulação do sangue, e para a ativação e estabilização de enzimas. Os ossos funcionam como reservas desse mineral. As trocas de Ca entre os ossos e os tecidos moles são fenômenos contínuos. A fixação nos ossos e dentes é maior que a reabsorção em ruminantes jovens devido ao crescimento do animal, enquanto que em animais adultos essas trocas costumam estar em equilíbrio. A reabsorção óssea pode ser maior que a fixação (o animal fica em balanço negativo de cálcio) no início da lactação, ou quando a absorção intestinal ou a ingestão de cálcio são insuficientes (National Research Council, 1988; CARLSON, 1996; HAYS & SWENSON, 1996; TEIXEIRA, J. C., 1997; ROSOL & CAPEN, 1997).

Para manter uma concentração constante de cálcio, apesar das variações na ingestão e excreção, mecanismos endócrinos de controle estão presentes nos animais. Além dos papéis diretos do paratormônio (PTH), da calcitonina (CT), e da vitamina D, frequentemente enfatizados no controle de cálcio no sangue, outros hormônios, como corticosteroides adrenais, estrógenos, tiroxina, somatotropina e glucagon podem contribuir para a manutenção da homeostasia do cálcio no organismo animal. Esse mineral também está envolvido na patogênese de doenças metabólicas que perturbam a regulação normal de equilíbrio do Ca, podendo resultar em hipercalcemia (excesso de cálcio no sangue) ou hipocalcemia (diminuição na concentração do cálcio sanguíneo) (HAYS & SWENSON, 1996; ROSOL & CAPEN, 1997).



A secreção de PTH sofre um controle baseado na secreção desse hormônio pelas glândulas paratireoides. Estas possuem um sistema único de controle por *feedback* baseado essencialmente na concentração de íons cálcio e, em menor escala, de íons magnésio no sangue. O PTH é o principal hormônio envolvido na regulação imediata e fina da concentração sanguínea de cálcio nos mamíferos, agindo nos ossos, aumentando a ação dos osteoclastos e dos osteócitos; tem função importante também nos túbulos renais, levando à diminuição da reabsorção de fósforo e aumentando a reabsorção renal do cálcio. A calcitonina e o PTH, em conjunto, constituem um mecanismo de controle por *feedback* negativo duplo para manter a concentração de cálcio nos fluidos extracelulares dentro de limites estreitos (LA PERLE & CAPEN, 2007).

O *status* normal de eletrólitos é vital para a função dos músculos. Deficiências minerais podem causar profunda fraqueza do músculo esquelético, algumas vezes associada à necrose da miofibrila, em várias espécies animais. Tanto a hipocalcemia quanto a hipofosfatemia podem resultar em fraqueza muscular profunda e decúbito nos bovinos. A correção dessas anormalidades inclui a correção das falhas dietéticas que possam predispor aos problemas eletrolíticos (VALENTINE & MCGAVIN, 2007).

A interação do cálcio com outros minerais e com nutrientes não minerais sugerem que tanto a deficiência quanto o excesso devem ser evitados. Os efeitos de variações nos níveis de Ca e P têm sido muito enfatizados. Vários estudos têm mostrado que níveis dietéticos de Ca e P entre 1:1 e 7:1 resultam, aproximadamente, em igual desempenho, fornecendo ao animal ingestões de fósforo satisfatórias ao requerimento. Dietas alimentares com baixos níveis de Ca para vacas em lactação por um longo período podem causar a diminuição desse mineral nos ossos resultando em fragilidade, osteomalácia e reduzidas produções de leite (TEIXEIRA, 1997).

Grandes aumentos ou diminuições nas concentrações séricas de cálcio geralmente são o resultado de uma falha nos mecanismos normais de homeostasia do cálcio. A hipocalcemia ocorre com alguma frequência em animais domésticos, especialmente em vacas de alta produção leiteira no periparto. Nesses animais, a concentração sérica de cálcio normalmente diminui para menos de 8mg/dl no período próximo ao parto. A mobilização insuficiente desse mineral provoca a diminuição dos valores séricos de cálcio, levando à paresia puerperal, também conhecida como febre do leite. A maioria dos animais se apresenta em decúbito e a concentração sérica de cálcio apresenta-se em torno de 6 mg/dl ou menos, e as mortes podem ocorrer se o

cálcio diminui para menos de 4 mg/dl. Essa alteração metabólica geralmente está associada a níveis séricos normais ou aumentados de magnésio e a hipofosfatemia (CARLSON, 1996).

A deficiência de cálcio ocorre em animais que se alimentam de concentrados, ricos em P, como suínos e aves, que são espécies que necessitam de mais Ca na dieta do que os bovinos. A deficiência de Ca, porém, pode ocorrer em bovinos que recebem alimentação abundante em concentrados; nos bovinos de corte em regime de campo esse tipo de deficiência não é comum. Por mais pobres em Ca que sejam as pastagens, os bovinos de corte sempre recebem quantidades suficientes desse mineral. Os fatores que contribuem para isto são os seguintes: (1) a maioria das plantas contém mais Ca do que P, (2) solos deficientes em Ca são menos comuns que os carentes em P e (3) os níveis de Ca não diminuem com a maturação das plantas (TOKARNIA et al., 2000).

Em todas as vacas, o início da lactação está marcado pela diminuição dos valores de Ca sérico. Essa condição metabólica é mais intensa nas vacas de alta produção de leite com idade acima de cinco anos (Bouda et al., 2000). Porém, como demonstrado por Coneglian et al. (2014), a hipocalcemia pode ocorrer também em vacas leiteiras em lactação mantidas em pastagens de aveia e/ou de azevém nos meses de inverno.

No plasma o cálcio pode ser encontrado na forma livre ionizada (aproximadamente 45%) ou associado a moléculas orgânicas, principalmente albumina (aproximadamente 45%), ou ainda associado a ácidos orgânicos (cerca de 10%). O cálcio total, como é medido no sangue, contém a forma ionizada, que é biologicamente ativa, e a forma não ionizada. Estas duas formas se mantêm em equilíbrio e sua distribuição final depende do pH e da concentração de albumina no sangue. Quando em acidose, há a tendência de aumento de Ca na forma ionizada (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003).

A concentração total de Ca no soro, no plasma heparinizado ou na urina pode ser medida diretamente, usando espectrofotometria de absorção atômica ou por meio de um ensaio colorimétrico usando cresolftaleína complexona. A concentração de Ca na urina pode ser baixa (<4 mg/dl, 1,6 mmol/l) em animais normais da maioria das espécies, abaixo da sensibilidade do ensaio colorimétrico para Ca, fazendo com que a dosagem de Ca pelo método colorimétrico na urina tenha eficácia limitada (ROSOL & CAPEN, 1997).

## 2.2 FÓSFORO

O fósforo no corpo de um mamífero está presente predominantemente (90%) na matriz mineralizada do osso. O restante está predominantemente no meio intracelular e em tecidos moles. O fosfato é o principal ânion intracelular, que participa na formação de fosfolipídios, ácidos nucleicos, fosfoproteínas e ATP, e desempenha papel fundamental em muitos processos como no metabolismo energético, na contração muscular e na integridade do esqueleto. Pode ocorrer rápida troca entre os meios intracelular e extracelular, o que pode mudar drasticamente as concentrações de fosfato no sangue. Pacientes com hiperparatireoidismo nutricional secundário resultante da avitaminose D ou da deficiência de cálcio dietético podem apresentar o fósforo sérico em níveis normais ou diminuídos (ROSOL & CAPEN, 1997).

A absorção de fósforo ocorre no intestino delgado, sendo que a quantidade absorvida não é rigorosamente equivalente às necessidades. A absorção parece ser um processo ativo, estimulado pela forma ativa da vitamina D. A quantidade de P absorvida depende da fonte utilizada, da quantidade ingerida, da relação Ca:P, do pH intestinal, da idade do animal e dos níveis dietéticos de Ca, ferro, alumínio, manganês, potássio, magnésio e gordura (Teixeira, 1997). O fósforo absorvido no trato gastrintestinal é rapidamente retirado do sangue para ser utilizado pelos ossos e dentes durante o crescimento. Sua absorção é mais efetiva quanto maior for a necessidade do elemento pelo organismo (Dayrell, 1985).

O fósforo é encontrado principalmente no esqueleto e dentes, em estreita associação com o cálcio. No meio intracelular o fosfato, nas formas trifosfato de adenosina (ATP), difosfato de adenosina (ADP) e monofosfato de adenosina (AMP), desempenha funções essenciais no armazenamento e nas transferências de energia necessárias a quase todos os processos fisiológicos. Desequilíbrios de cálcio e fósforo, ou a presença de compostos que se ligam a essas substâncias no intestino podem produzir sérias alterações metabólicas (CARLSON, 1996).

O fósforo é o mineral mais importante na formulação de dietas para o gado leiteiro. O plasma sanguíneo de um bovino de 600Kg contém cerca de 1,1g de fósforo total e varia a concentração em média de 4 a 8 mg/dl. Em um quilograma de leite há cerca de 1g de fósforo. Consequentemente, a ingestão desse mineral deve ser contínua para satisfazer as necessidades da vaca em produção. O fósforo tem função chave no metabolismo energético, sendo também um

componente essencial para o sistema tampão nos fluidos corporais (National Research Council, 1988).

As deficiências de fósforo representam um dos fatores determinantes da reduzida produtividade nos sistemas de exploração extensiva de bovinos em países de clima tropical. Extensas áreas com deficiência de P nas pastagens ocorrem em todo mundo e não há dúvida de que essa deficiência é o distúrbio mineral mais comum e economicamente mais importante, afetando os herbívoros em regime de campo no Brasil (Tokarnia et al., 2000). Bovinos em pastagens tropicais estão mais sujeitos à deficiência de fósforo que de cálcio (Tokarnia et al., 2010; Lana, 2005).

Sinais de deficiência de P não são facilmente reconhecidos, exceto em casos severos quando os animais apresentam ossos fracos, fraqueza generalizada, perda de peso, deapauramento, queda na produção de leite e apetite depravado (quando o animal passa a roer e a comer elementos estranhos à sua dieta) (CONRAD et al., 1985).

Os sintomas da deficiência de fósforo em bovinos incluem crescimento retardado, baixa produção de leite, anestro e baixas taxas de concepção em fêmeas, fragilidade óssea, e depravação de apetite. Com isso, é possível observar que os sintomas da deficiência de P não são específicos. Por isso, torna-se difícil o diagnóstico com base apenas nos sinais clínicos. O ideal é que o exame clínico do rebanho seja acompanhado, de uma análise do elemento na dieta e, se possível, no tecido animal (DAYRELL, 1985).

Uma das doenças mais sérias dos últimos anos, responsável por prejuízos consideráveis na pecuária de corte do Brasil central é o botulismo epizootico, doença diretamente relacionada com a deficiência de P. Está relacionada à intoxicação produzida pelas toxinas do *Clostridium botulinum*, que ocorre em virtude do apetite depravado característico destas deficiências e devido à presença de cadáveres ou ossadas nas pastagens (CORRÊA et al., 2010; TOKARNIA et al., 2010).

O nível sérico de fósforo não é sempre um guia preciso para o balanço de fósforo, porém, deficiências dietéticas de fósforo são frequentemente manifestadas por hipofosfatemia. A hemoglobínúria pós-parto é uma doença associada à deficiência de fósforo, ocorrendo principalmente nas vacas leiteiras em lactação, devido a dietas pobres em fósforo (Carlson,

1996). A hipofosfatemia pós-parto prejudica a função e a viabilidade das hemácias, impedindo a produção normal de ATP, levando à anemia hemolítica com hemoglobinemia (Riet-Correa & Timm, 2007).

Diferentes faixas de variação normal podem ser vistas para a concentração sérica de fósforo. Os animais jovens apresentam valores mais elevados do que os adultos, com os valores para o recém-nascidos geralmente variando de 7 a 9 mg/dl. A concentração sérica de fósforo diminui progressivamente com a idade. Além da hipofosfatemia, a hiperfosfatemia pode ocorrer em animais de produção, geralmente devido a uma hipervitaminose D. Causas comuns de hiperfosfatemia incluem insuficiência renal aguda e hiperparatireoidismo nutricional secundário (ingestão de fósforo em excesso) (CARLSON, 1996).

A hipofosfatemia moderada e crônica, com fósforo plasmático entre 2 e 4 mg/dl, causa pequeno decréscimo no desempenho produtivo. Em situações de maior severidade, o desempenho animal e consumo de alimento diminuem muito. Decúbito e paresia associado a níveis normais de cálcio são atribuídos a concentrações de fósforo abaixo de 1 mg/dl. Desse modo, percebe-se a importância de se diagnosticar a carência de P em seu estado subclínico, pois é a carência mais comum nos bovinos (CORRÊA et al., 2010).

A fosfatase alcalina é encontrada em todo o organismo, porém a maior concentração ocorre nos ossos, fígado, mucosa intestinal, túbulos renais e placenta. Pode-se observar aumento desta enzima em lesões esplênicas, hepáticas, renais, ósseas, obstruções biliares e neoplasias ósseas malignas (Kaneko et al., 1997). Em animais apresentando deficiência de fósforo, a atividade sérica da fosfatase alcalina está aumentada em decorrência do aumento da atividade osteoclástica (Kerr, 2002). Assim, a determinação da fosfatase alcalina deve ser realizada em paralelo à determinação do fósforo para o diagnóstico da deficiência deste elemento (Duarte et al., 2011).

Fatores como idade do animal, nível de produção leiteira, estágio da gestação, estação do ano, raça e níveis de fósforo na dieta, influenciam o teor sérico de fósforo. As deficiências leves a moderadas, que são as mais comuns, normalmente são acompanhadas de concentrações sanguíneas normais de fósforo (Radostits et al., 2002). Porém, a avaliação da deficiência de

fósforo por meio da bioquímica sérica mostrou-se adequada para este diagnóstico, pois apresenta as vantagens de ser rápido, econômico e preciso (Duarte et al., 2011).

Os métodos para a determinação colorimétrica de fósforo contam com a formação de um complexo de íons fosfato com molibdato. A concentração sérica de fósforo inorgânico varia de 2,5 a 6,0 mg/dl (0,8-1,9 mmol/litro) em animais adultos; no entanto, as concentrações séricas são maiores em animais jovens e podem estar fora da faixa de variação normal para animais adultos. A maior parte do fosfato inorgânico no soro (80%) se encontra na forma dibásica,  $\text{HPO}_4^{2-}$ , e os restantes 20% estão essencialmente na forma monobásica,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (ROSOL & CAPEN, 1997).

### 2.3 MAGNÉSIO

O magnésio (Mg) é um cátion intracelular essencial, participando de diversos processos enzimáticos de mais de 300 enzimas no corpo, incluindo fosfatases e enzimas do metabolismo energético. Esse mineral regula a permeabilidade da membrana mitocondrial, e uma das primeiras alterações ultraestruturais na deficiência de Mg é o inchaço e as perturbações nas cristas mitocondriais; no entanto, o  $\text{Mg}^{2+}$  intracelular é geralmente constante, até mesmo em diferentes estados fisiológicos ou fisiopatológicos (ROSOL & CAPEN, 1997).

Aproximadamente 70% do magnésio do animal estão nos ossos. Além disso, o músculo cardíaco, o músculo esquelético e o tecido nervoso dependem do equilíbrio apropriado entre íons cálcio e magnésio. Este é um componente ativo de diversos sistemas enzimáticos em que tiamina-pirofosfato é um cofator. A fosforilação oxidativa é amplamente reduzida na ausência de magnésio. A análise dos tecidos de animais alimentados com uma dieta deficiente demonstra queda nos níveis de magnésio plasmático para 30 a 50% do normal dentro de 7 a 9 dias (HAYS & SWENSON, 1996).

FORAGEIS verdes são uma excelente fonte alimentar de Mg para os herbívoros devido à presença do Mg na clorofila. O metabolismo do magnésio tem sido estudado mais extensivamente em bovinos e ovinos, pois os distúrbios clínicos relacionados à deficiência desse elemento ocorrem mais comumente nestas espécies (Rosol & Capen, 1997). Vacas saudáveis possuem níveis de magnésio no plasma acima de 2 mg/dl. Apesar de níveis séricos graves

ficarem abaixo de 1 mg/dl, quaisquer níveis abaixo de 2 mg/dl devem ser considerados indicativos de hipomagnesemia subclínica (Eddy, 1992).

O requerimento de Mg é geralmente atendido uma vez que este elemento é abundante na maioria dos alimentos. O magnésio é bem distribuído entre os diferentes tecidos das plantas e animais. Ele está envolvido no metabolismo de carboidratos e lipídios, atuando como catalisador de vários sistemas enzimáticos, sendo requerido nos processos de oxidação celular e exerce grande influência na atividade neuromuscular (CONRAD, et al., 1985).

As deficiências de magnésio podem ocorrer de duas formas. A primeira ocorre quando os bezerros são alimentados somente com leite por longos períodos, quando as reservas corporais de magnésio são esgotadas. A segunda forma ocorre na tetania das pastagens ou tetania hipomagnesêmica, ocorrendo normalmente sem que haja o esgotamento das reservas corporais. A tetania hipomagnesêmica pode ser o principal problema para o gado leiteiro, especialmente para vacas em lactação sob pastejo intensivo. As pastagens em rápido crescimento e adubadas intensivamente com nitrogênio ou potássio, ou ambos, durante as estações frias, têm menores teores de magnésio. Conforme se aproximam da senilidade, as vacas tornam-se mais suscetíveis à tetania das pastagens, aparentemente devido à sua maior dificuldade para mobilizar o magnésio dos ossos (National Research Council, 1988).

A deficiência aguda de magnésio resulta em vasodilatação, com eritema e hiperemia surgindo após poucos dias de aplicação da dieta deficiente. Há uma hiperirritabilidade neuromuscular com a deficiência contínua e pode ser seguida, eventualmente, por arritmia cardíaca e tremores generalizados. Os sintomas da deficiência de magnésio lembram aqueles da tetania por deficiência de cálcio (Hays & Swenson, 1996). A deficiência de magnésio normalmente ocorre no início do período das águas e, principalmente em vacas lactantes (Lana, 2005).

A hipomagnesemia é relatada em bovinos com tetania das pastagens. Concentrações séricas de magnésio inferiores a 1,8 mg/dl são consideradas baixas; valores inferiores a 1 mg/dl são considerados graves e os animais podem apresentar sinais clínicos de tetania. As causas mais comuns de hipomagnesemia em bovinos incluem tetania das pastagens, tetania de inverno, e dieta exclusivamente de leite para bezerros (CARLSON, 1996).

A concentração de magnésio no líquido intracelular é essencial para manter o potencial de membrana de repouso no tecido nervoso e na placa neuromuscular e, portanto, seu decréscimo pode levar à tetania hipomagnesêmica, que é a doença clínica mais grave ocasionada pela deficiência deste cátion. Em vacas leiteiras em pastagem a incidência dessa doença é variável, sendo muito mais importante a hipomagnesemia subclínica crônica, por seu efeito predisponente à hipocalcemia puerperal, dificultando a mobilização do cálcio ósseo, tanto por uma menor secreção de PTH como por uma resistência à interação do hormônio com seus receptores de membrana (CORBELLINI, 1998).

A concentração sérica de Mg não sofre um controle rigoroso como ocorre com a concentração de Ca, e pouco se sabe sobre a regulação da concentração sérica do magnésio. Sabe-se que há uma relação recíproca entre esse elemento e o cálcio no soro sanguíneo. Dietas deficientes em Mg levam à hipomagnesemia. A manutenção da concentração de magnésio no corpo dos animais depende do equilíbrio entre a absorção intestinal e a excreção renal, além da regulação feita pelas glândulas adrenais, tireoide e paratireoide. No entanto, nenhuma glândula endócrina exerce a regulação essencialmente da concentração sanguínea de Mg. A insuficiência renal pode resultar em um aumento da concentração sérica de Mg (ROSOL & CAPEN, 1997).

A hipomagnesemia subclínica pode ocorrer em alguns animais por um longo período de tempo, muitas vezes por meses. Quando o Mg sérico apresenta-se em níveis criticamente baixos, o animal pode apresentar sinais clínicos leves, como nervosismo e aumento da excitabilidade. Certas condições, tais como jejum ou menor ingestão de alimentos, podem resultar em tetania ou paresia nesses animais. A incidência dessas alterações parece aumentar com a idade, e há uma tendência para a recorrência em alguns animais. O magnésio e o cálcio plasmáticos são encontrados em menores níveis nas vacas de mais idade, comparadas a vacas jovens (ROSOL & CAPEN, 1997).

A suplementação alimentar excessiva com Mg levará a hipermagnesemia, o que reduz a concentração sérica de cálcio. A administração de Mg para o gado com distúrbios gastrintestinais tem o potencial de aumentar as concentrações séricas desse mineral e induzir a acidose metabólica. No entanto, alguns trabalhos têm demonstrado um papel do Mg na fertilidade e no aumento da incidência de retenção placentária em vacas com uma dieta insuficiente desse



mineral. A suplementação adequada de magnésio reduz a incidência de retenção de placenta e de endometrite puerperal e aumenta a taxa de concepção em vacas (ROSOL & CAPEN, 1997).

Os ossos aparentemente agem como um reservatório para o magnésio, mas a mobilização a partir do osso é relativamente lenta. Assim, uma deficiência na dieta pode resultar em marcada redução no magnésio sanguíneo antes que o nível no osso seja afetado. Se a deficiência é suficientemente intensa, a tetania e outros sintomas clínicos podem aparecer. Na deficiência contínua, o conteúdo de magnésio do osso diminui e o conteúdo de cálcio aumenta (HAYS & SWENSON, 1996).

O método de escolha para a determinação da concentração de Mg em materiais biológicos é a espectrofotometria de absorção atômica. Métodos colorimétricos e cinéticos também estão disponíveis para medição desse mineral no soro sanguíneo. A concentração de Mg no soro pode variar de 1,5 a 5 mg/dl (0,8-2,1 mmol/litro), dependendo da espécie estudada. A concentração sérica de Mg ionizado representa aproximadamente 70% do total desse mineral no soro (Rosol & Capen, 1997). Segundo Kaneko et al. (1997) e Jackson & Cockcroft (2002), os valores de referência para os níveis séricos de magnésio variam de 1,8 a 2,3 mg/dl em bovinos.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados animais provenientes de sete propriedades produtoras de leite no Distrito Federal. Tais propriedades apresentavam semelhantes manejos de alimentação, com os animais sendo mantidos em pastejo. Cada animal foi submetido a exame clínico, que não demonstrou alterações. Entre as propriedades, foram considerados dois tipos diferentes de mineralização. Os animais foram separados em dois grupos segundo o tipo de mineralização: Grupo 1 recebendo sal mineral misturado à ração (alimento atrativo para o consumo do sal) (Figura 3); Grupo 2 recebendo sal mineral à vontade no cocho, para consumo voluntário. O grupo 1 foi composto por vinte animais de uma mesma propriedade. O grupo 2 foi composto por sessenta animais de seis diferentes propriedades.

Procedeu-se à colheita de sangue com os devidos procedimentos higiênicos, mediante punção da artéria coccígea média em tubos identificados contendo vácuo sem anticoagulante (Figuras 1 e 2), mantendo-se os mesmos em repouso à temperatura ambiente para posterior

separação do soro, com a finalidade de dosagem de cálcio, fósforo e magnésio no soro sanguíneo.

**FIGURA 1:** calda de um bovino demonstrando o ponto de colheita de sangue.

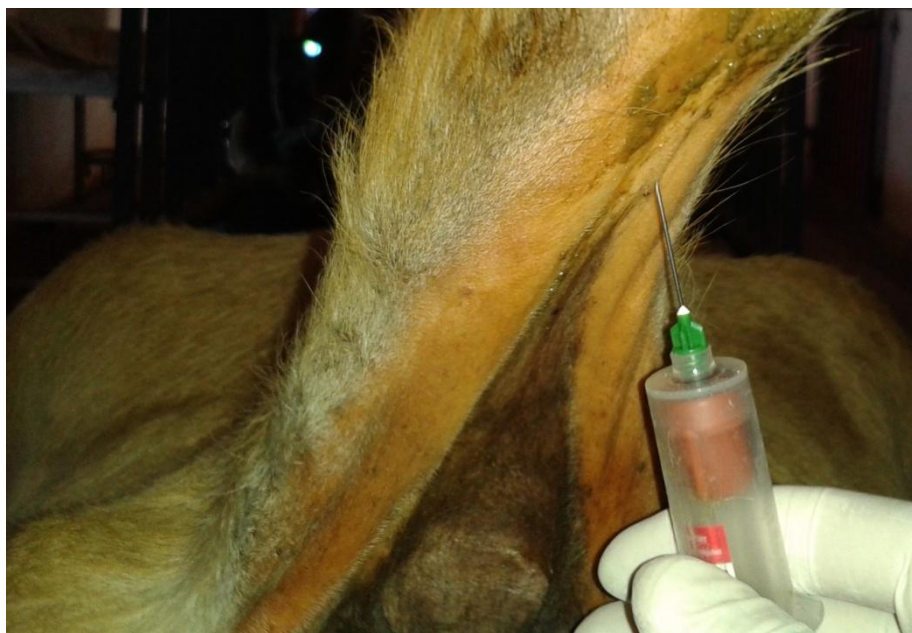


As amostras foram centrifugadas e o soro foi separado para as dosagens de Ca, P e Mg. As dosagens dos minerais foram realizadas empregando-se, para cada finalidade, kits comerciais específicos e leitura por espectrofotometria, seguindo a metodologia abaixo relacionada:

- 1- A dosagem de Ca no soro foi realizada por meio de sistema para a determinação por reação de ponto final, com a metodologia CPC do laboratório Labtest. Neste sistema o cálcio reage com a púrpura ftaleína em meio alcalino formando um complexo de cor violeta que é medido em 570 nm.
- 2- O fósforo sérico foi dosado por meio da reação de ponto final que tem como metodologia o fósforo-molibdato. Os íons fosfato reagem com molibdato de amônio em solução ácida produzindo um complexo amarelo que, pela ação de um tampão alcalino, é reduzido a azul de molibdênio que é medido colorimetricamente pela absorvância entre 640 e 700 nm.
- 3- A dosagem sérica de magnésio foi realizada por meio da reação de ponto final, com a metodologia Labtest. Neste sistema os íons magnésio reagem com o magon sulfonado em meio alcalino formando um complexo de cor rósea que é

proporcional à quantidade dos íons magnésio na amostra. É um teste colorimétrico, onde a concentração dos íons é determinada pela a absorbância entre 500 e 540 nm.

**FIGURA 2:** procedimento de colheita de sangue da artéria coccígea de um bovino.



Foi determinada a atividade sérica da enzima fosfatase alcalina (FA), para verificar o possível aumento da atividade sérica dessa enzima em casos de deficiência de fósforo nos animais.

Foram calculadas as médias com seus respectivos desvios-padrão para as variáveis analisadas, bem como os valores máximos e mínimos. O teste t-Student foi realizado para verificar a existência de diferenças entre as médias dos diferentes grupos de animais tidos como referência. O nível de significância estatística foi estabelecido como  $p < 0,05$ .

**FIGURA 3:** mineralização dos animais do Grupo 1. O alimento atrativo faz com que os animais tenham maior apetite pela ingestão do mineral.



#### 4. RESULTADOS

Os valores médios com o respectivo desvio-padrão dos resultados são apresentados na tabela 1, fazendo-se a distinção entre os grupos. Diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os grupos avaliados foram encontradas para os níveis séricos de cálcio e magnésio (teste t-Student).

**Tabela 1:** Médias e desvios-padrão dos níveis séricos de cálcio, fósforo e magnésio, em mg/dl, dos grupos de bovinos avaliados.

Grupo	Cálcio	Fósforo	Magnésio
Grupo 1 (n=20)	9.08±1.08 <sup>a</sup>	5.72±1.55 <sup>a</sup>	1.58±0.33 <sup>a</sup>
Grupo 2 (n=60)	8.04±0.78 <sup>b</sup>	5.69±1.16 <sup>a</sup>	1.03±0.19 <sup>b</sup>
Valores de referência	8.7-11.4	5.6-6.5	1.8-2.3

n: número de animais avaliados.

Letras diferentes em uma mesma coluna representam diferença significativa ( $P < 0,05$ , teste t-Student).

Valores de referência segundo KANEKO et al. (1997); JACKSON & COCKCROFT (2002).

Quando se considera as diferentes propriedades, é possível observar diferentes médias de concentração sérica de cálcio, o que pode ser observado na tabela 2. Apesar disso, nenhuma das propriedades do grupo 2 apresentou médias dos níveis séricos de cálcio maiores que a média observada no grupo 1, em que a mistura mineral foi adicionada à ração.

O cálcio demonstrou níveis séricos abaixo dos valores de referência em 35% dos animais do grupo 1 e em 70% dos animais do grupo 2 (tabela 3). As médias das concentrações desse mineral apresentaram diferença estatística significativa ( $P < 0,05$ ) entre os grupos (teste t-Student).

As concentrações sanguíneas de fósforo não demonstraram variações significativas entre os grupos no teste t-Student ( $P > 0,05$ ) (tabela 1). Os animais do grupo 1 apresentaram níveis séricos de fósforo abaixo do valor de referência em 55% dos casos, enquanto que os animais do grupo 2 demonstraram estar abaixo dos valores normais em 43,33% das análises (tabela 3). Não foi verificado aumento na atividade sérica da enzima fosfatase alcalina nos animais avaliados.

**Tabela 2:** Médias e desvios-padrão dos níveis séricos de cálcio, fósforo e magnésio (mg/dl), nas sete diferentes propriedades avaliadas.

Propriedade	Ca (mg/dl)	P (mg/dl)	Mg (mg/dl)
P 1 (n=20)	9.08±1.08	5.72±1.55	1.58±0.33
P 2 (n=4)	9.05±0.53	5.87±0.54	1.17±0.19
P 3 (n=13)	8.62±0.63	5.41±1.34	1.24±0.13
P 4 (n=12)	7.42±0.6	5.95±1.08	0.95±0.1
P 5 (n=10)	7.82±0.63	6.15±1.22	0.89±0.13
P 6 (n=11)	7.85±0.6	5.24±0.7	0.97±0.15
P 7 (n=10)	8.55±0.6	6.65±1.11	1.23±0.11
Valores de referência	8.7-11.4	5.6-6.5	1.8-2.3

n: número de animais; P: propriedade. P1= Grupo 1 e (P2, P3, P4, P5, P6, P7) = Grupo 2  
Valores de referência segundo KANEKO et al. (1997); JACKSON & COCKCROFT (2002).

O magnésio, tal como o cálcio, apresentou concentrações séricas abaixo dos valores de referência em ambos os grupos, porém, com maior porcentagem nos animais do grupo 2. Níveis séricos de magnésio abaixo dos valores normais foram verificados em 65% dos animais do grupo 1, contra 100% dos animais do grupo 2 (tabela 3). As médias das concentrações séricas de magnésio demonstraram variações significativas entre os grupos ( $P < 0,05$ , teste t-Student), sendo maiores para o grupo 1. Apesar disso, nenhum animal apresentou sinais clínicos de deficiência de magnésio.

**Tabela 3:** Porcentagem de animais com níveis séricos normais, baixos e aumentados de Ca, P e Mg, com distinção entre os grupos 1 e 2.

Parâmetro	Grupo 1 (n=20)			Grupo 2 (n=60)		
	Cálcio	Fósforo	Magnésio	Cálcio	Fósforo	Magnésio
Normais	60%	15%	35%	30%	30%	0%
Baixos	35%	55%	65%	70%	43%	100%
Aumentados	5%	30%	0%	0%	27%	0%

Grupo 1: sal mineral misturado a alimentos; Grupo 2: sal mineral *Ad libitum*.

Valores normais: cálcio: 8,7-11,4 mg/dl; fósforo: 5,6-6,5 mg/dl; magnésio: 1,8-2,3 mg/dl.

Valores de referência segundo Kaneko et al. (1997); JACKSON & COCKCROFT (2002).

Na tabela 4 é possível observar as porcentagens de animais que apresentaram níveis séricos baixos normais e aumentados para cada mineral avaliado nas propriedades do grupo 2.

**Tabela 4:** Porcentagem de animais com níveis séricos normais, baixos e aumentados de Ca, P e Mg, com distinção entre as propriedades 2 a 7, pertencentes ao grupo 2.

Parâmetro	Níveis séricos	P 2 (n=4)	P 3 (n=13)	P 4 (n=12)	P 5 (n=10)	P 6 (n=11)	P 7 (n=10)
Cálcio	Normais	25%	62%	0%	20%	9%	40%
	Baixos	75%	38%	100%	80%	91%	60%
	Aumentados	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fósforo	Normais	75%	15%	33%	30%	27%	30%
	Baixos	25%	62%	42%	30%	73%	10%
	Aumentados	0%	0%	25%	40%	0%	60%
Magnésio	Normais	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Baixos	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Aumentados	0%	0%	0%	0%	0%	0%

P: propriedade.

A tabela 5 apresenta as proporções dos animais que demonstraram níveis sanguíneos de cálcio, fósforo e magnésio baixos, normais e elevados, considerando todos os animais avaliados. É possível observar que, apesar do fornecimento de minerais à vontade ou *ad libitum*, grande porcentagem dos animais amostrados demonstrou baixos níveis de minerais no sangue. E boa porcentagem apresentou níveis aumentados de fósforo. Entre todas as fêmeas leiteiras avaliadas, somente uma (1,25%) demonstrou níveis séricos normais para os três minerais dosados. Tal fêmea fazia parte do grupo 1.

**Tabela 5:** Porcentagem de animais com níveis séricos normais, baixos e Aumentados de Ca, P e Mg, considerando todos os animais (n=80).

n=80	normais	baixos	aumentados
Cálcio	37.5%	61.3%	1.3%
Fósforo	26.3%	46.3%	27.5%
Magnésio	8.8%	91.3%	0.0%

Porcentagens com base nas sete propriedades avaliadas, considerando todos os animais.

## 5. DISCUSSÃO

Os resultados demonstram que o cálcio sérico manteve-se abaixo dos níveis normais (8,7–11,4 mg/dl) na maioria dos animais (70%) do grupo 2, enquanto que apenas 35% dos animais do grupo 1 apresentaram valores séricos de cálcio abaixo do esperado. Carlson (1996)

afirma que concentrações séricas de cálcio por volta de 6 mg/dl são encontradas em vacas com paresia do puerpério, e que concentrações ainda menores podem causar o óbito dos animais. Porém, não foram encontradas tais concentrações em nenhum animal avaliado.

Balarin et al. (1998) afirmam que em situações carenciais de Ca e/ou P, a calcemia e, com menor frequência, a fosfatemia são mantidas em níveis normais por potentes mecanismos homeostáticos. Porém, os níveis séricos de cálcio demonstraram estar abaixo dos valores de referência em muitos animais, principalmente no grupo 2, em que a ingestão do sal mineral ocorria de forma voluntária.

Corrêa et al. (2010) destacam que níveis de fósforo entre 2 e 4 mg/dl causam decréscimo no desempenho produtivo, defendendo a importância de diminuir a incidência desse tipo de deficiência nos rebanhos produtivos. Estes autores lembram ainda que a deficiência marginal é economicamente mais prejudicial, uma vez que, pela ausência de sinais clínicos, nenhum cuidado é tomado para aumentar o potencial de produtividade dos animais.

Brum et al. (1987) demonstraram que os níveis médios de P e de Mg na matéria seca de forrageiras amostradas na sub-região dos Paiaguás, no pantanal mato-grossense são baixos e não atendem às necessidades nutricionais de vacas em lactação. Essa é uma das hipóteses que podem explicar os baixos níveis séricos, principalmente de magnésio encontrados nos animais avaliados. Deficiências de minerais nas forrageiras, associadas ao incorreto fornecimento de minerais corroboram para a ocorrência de deficiências minerais nos animais de produção, aumentando a probabilidade de o investimento pecuário tornar-se oneroso e improdutivo.

Em animais deficientes há redução dos valores séricos de P inorgânico (abaixo de 3,5 – 4,0 mg/dl), porém, Tokarnia et al. (2010) afirmam que valores normais de P em análises feitas em poucos animais e só em determinada época do ano não são suficientes para a conclusão de que não há deficiência desse mineral. Por isso, apesar da observação de que muitos animais apresentaram valores séricos normais de fósforo, não é possível afirmar definitivamente que tais animais não apresentavam esse tipo de deficiência.

Em animais apresentando deficiência de fósforo, a atividade sérica da fosfatase alcalina está aumentada em decorrência do aumento da atividade osteoclástica (Kerr, 2002). No entanto,



não foi verificado aumento na atividade sérica dessa enzima nos animais avaliados, sugerindo que não havia deficiência de fósforo nas vacas avaliadas.

O magnésio apresentou níveis séricos bastante reduzidos no grupo de animais ingerindo sal mineral à vontade, comparando-se com o grupo de animais que ingeriam o sal mineral misturado ao alimento atrativo. Isso corrobora com o que foi apresentado por Neiva (2000), que defende que o fornecimento do sal mineral deve ser feito juntamente com a ração concentrada, pois a vaca não consumirá voluntariamente segundo as suas necessidades nutricionais, se o mesmo for oferecido livremente, o que contraria a crença generalizada do consumo voluntário.

Como descrito por Hays & Swenson (1996), uma deficiência na dieta pode resultar em marcada redução no magnésio sanguíneo antes que o nível no osso seja afetado, fazendo com que a dosagem sérica desse mineral seja um método eficaz para o diagnóstico desse tipo de deficiência. Assim, é possível afirmar que os níveis séricos reduzidos de magnésio, encontrados na maioria dos animais, sejam decorrentes de uma dieta que não atende as necessidades das vacas em lactação avaliadas.

Como destacado por Carlson (1996) e Eddy (1992), concentrações séricas de magnésio inferiores a 1 mg/dl são consideradas graves e os animais podem apresentar sinais clínicos de tetania. Portanto, deve ser levada em consideração a possibilidade de alteração no manejo de mineralização das vacas em lactação analisadas no grupo 2, de modo a fornecer o mineral misturado ao alimento atrativo para que a ingestão ocorra em maior quantidade. Isto pode ter um efeito benéfico, pois muitos animais do grupo 2 apresentaram níveis séricos desse mineral abaixo de 1 mg/dl, enquanto que nenhuma vaca do grupo 1 apresentou concentração sérica de magnésio abaixo desse valor.

A hipomagnesemia subclínica crônica, é um fator predisponente à hipocalcemia puerperal, dificultando a mobilização do cálcio ósseo, causado tanto por uma menor secreção de PTH como por uma resistência à interação do hormônio com seus receptores de membrana (Corbellini, 1998). Porém, as propriedades avaliadas não apresentaram histórico de doenças metabólicas relacionadas à diminuição nos níveis séricos dos minerais dosados.

As concentrações séricas de magnésio apresentaram-se abaixo de 1 mg/dl em muitos animais que recebiam sal mineral *ad libitum*, o que predispõe os animais à ocorrência de

hipomagnesemia, podendo levar a um quadro de tetania por deficiência desse mineral. Sugere-se que as diferenças observadas entre os grupos avaliados possam ser atribuídas aos diferentes tipos de mineralização dos animais, onde o grupo 1 demonstrou melhores concentrações séricas de cálcio e magnésio. Porém, é possível que outros fatores possam interferir nos resultados, como a composição do solo, níveis de estresse dos animais, composição química das pastagens e a interação dos minerais com outros componentes da dieta.

Segundo Tokarnia et al. (2010), a verificação da real deficiência de cálcio e fósforo só é possível por meio da dosagem desses minerais no tecido ósseo dos animais. Assim, não é possível afirmar que os animais com baixas concentrações séricas desses minerais apresentavam-se deficientes. Para a melhor avaliação dos animais são necessárias dosagens dos minerais no tecido ósseo e nos alimentos, para que a mineralização seja feita conforme as necessidades dos animais.

## 6. CONCLUSÕES

Foram encontradas concentrações séricas abaixo dos valores de referência para cálcio, fósforo e magnésio nas vacas em lactação avaliadas. As menores concentrações séricas de cálcio e de magnésio foram encontradas nas propriedades que não misturavam o sal mineral com o alimento atrativo. Foi verificado também que o consumo voluntário de minerais é insuficiente para suprir as necessidades das vacas leiteiras em lactação avaliadas no grupo recebendo sal mineral *ad libitum*.

A mineralização dos animais com a mistura do sal mineral em um alimento atrativo demonstrou ser mais eficiente, principalmente para manter os níveis séricos de cálcio e magnésio dentro da variação normal, auxiliando na manutenção da concentração sérica desses minerais mais próximas dos valores normais para a espécie.

São necessários maiores estudos para possivelmente verificar a real deficiência de cálcio, fósforo e magnésio nas vacas em lactação por meio de dosagens desses minerais no tecido ósseo, que proporciona maior segurança nos resultados para cálcio e fósforo. Estudos também são necessários com a finalidade de avaliar a composição das forrageiras em diferentes épocas do ano, a fim de proporcionar a ingestão de minerais conforme as necessidades dos animais.

## REFERÊNCIAS

- BALARIN, M. R. S.; LISBÔA, J. A. N.; KOHAYAGAWA, A.; KUCHEMUCK, A. R. G. Efeito da Nutrição Mineral sobre as Excreções Fracionadas Urinárias de Cálcio e de Fósforo em novilhos da raça Nelore. *Semina: Ci. Agr., Londrina*, v. 19, n. 1, p. 7-12, 1998.
- BOUDA, J.; QUIROZ-ROCHA, G.; GONZÁLEZ, F. H. D. Desequilíbrios de Cálcio, Fósforo e Magnésio. *In: GONZÁLEZ, F. H. D.; BORGES J. B.; CECIM, M. Uso de provas de campo e de laboratório clínico em doenças metabólicas e ruminais de bovinos. Porto Alegre, Brasil, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.*
- BRUM, P. A. R.; SOUSA, J. C.; COMASTRI FILHO, J. A.; ALMEIDA, I. L. Deficiências Minerais de Bovinos na Sub-Região dos Paiaguás, no Pantanal Mato-Grossense. 1. Cálcio, Fósforo E Magnésio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 22, n. 9/10, p. 1039-1048, 1987.
- CARLSON, G. P. Clinical Chemistry Tests. *In: SMITH, B. P. Large Animal Internal Medicine*, 2ª ed., cap. 22, p. 441 – 469, **Mosby**, 1996.
- CORBELLINI, C. N. Etiopatogenia e controle da hipocalcemia e da hipomagnesemia em vacas leiteiras. *In: GONZÁLEZ, F. H. D.; OSPINA, H. P.; BARCELLOS, J. O. J. Anais do Seminário Internacional sobre Deficiências Minerais em Ruminantes*. Editora da UFRGS, Porto Alegre, RS. Brasil, 1998.
- CONEGLIAN, M. M.; FLAIBAN, K. K. M. C.; LISBÔA, J. A. N. Hipocalcemia não puerperal em vacas leiteiras sob pastejo de aveia e azevém: estudo de fatores predisponentes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, n. 34, v.1, p. 15-23, janeiro 2014.
- CONRAD, J. H.; MCDOWELL, L. R.; ELLIS, G. L.; LOOSLI, J. K. Minerais para Ruminantes em pastejo em Regiões Tropicais. Departamento de Ciência Animal, Centro de Agricultura Tropical, Universidade da Flórida, Gainesville. Agência Americana para o Desenvolvimento Internacional, 1985.
- CORRÊA, M. N.; GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. Transtornos Metabólicos nos Animais Domésticos. 522 p. Pelotas, Editora Universitária PREC – UFPel, 2010.
- DAYRELL, M. S. Deficiências Minerais em Bovinos do Brasil. Anais do 3º Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, 1985. *In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. Nutrição de Bovinos: Conceitos e Básicos e Aplicados*, p.31-53, 5ª ed. Piracicaba, FEALQ, 1995.
- DUARTE, A. L. L.; PIRES, M. L. S.; BARBOSA, R. R.; DIAS, R. V. C.; SOTO-BLANCO, B. Avaliação da deficiência de Fósforo em Ruminantes por meio de Bioquímica Sérica. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.5, n.4, p.380-384, 2011.

EDDY, R. G. Chapter 39: Major Metabolic Disorders. *In*: ANDREWS, A. H.; BLOWEY, R. W.; BOYD, H.; EDDY, R. G. *Bovine Medicine: Diseases and Husbandry of Cattle*. First ed., p. 577-600, Blackwell Scientific Publications, 1992.

GONZÁLEZ, F. H. D. Indicadores Sanguíneos do Metabolismo Mineral em Ruminantes. *In*: González, F. H. D.; Barcellos, J. O.; Ospina, H.; Ribeiro, L. A. O. (Eds.) *Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre, Brasil, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SCHEFFER, J. F. S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. *In*: GONZÁLEZ, F. H. D.; CAMPOS, R.: **Anais do 1º Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da Região Sul do Brasil**. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 73-89, Porto Alegre, 2003.

HAYS, V. W.; SWENSON, M. J. Ossos e Minerais. *In*: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. *Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos*, cap. 29, p. 471 – 487, 11ª ed. GUANABARA KOOGAN, 1996.

JACKSON, P. G. G.; COCKCROFT, P. D. *Clinical Examination of Farm Animals*. 313 p. Blackwell Science, 2002.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 5ª ed., 932 p. Academic Press, 1997.

KERR, M. G. *Veterinary Laboratory Medicine: clinical biochemistry and hematology*. 2<sup>nd</sup> ed. Iowa: Blackwell Science, Oxford. 368p. 2002.

LANA, R. P. *Nutrição e Alimentação Animal (mitos e realidades)*, 344 p., Viçosa - MG, UFV, 2005.

LA PERLE, K. M. D.; CAPEN, C. C. Sistema Endócrino. *In*: MCGAVIN, M. D.; ZACHARY, J. F. *Bases da Patologia em Veterinária*, 4º ed., p. 693 – 741, cap. 12, **Elsevier**, 2007.

LUCCI, C. S. Avaliação do estado nutricional. *Anais do Simpósio sobre Nutrição de Bovinos*, 1977. *In*: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. *Nutrição de Bovinos: Conceitos e Básicos e Aplicados*, p.31-53, 5ª ed. Piracicaba, FEALQ, 1995.

MENDONÇA JÚNIOR, A. F.; BRAGA, A. P.; RODRIGUES, A. P. M. S.; SALES, L. E. M.; MESQUITA, H. C. Minerais: importância de uso na dieta de ruminantes. **ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido**, v.07, n 01, p.01-13, 2011.

National Research Council; Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6<sup>th</sup> ed., Washington, D. C., National Academy Press, 1988.

NEIVA, R. S. Manejo da vaca em lactação – considerações, p.137-172. *In: Produção de Bovinos Leiteiros – Planejamento, Criação, Manejo*. UFLA, 496 p. 2000.

PEIXOTO, P. V.; MALAFAIA, P.; BARBOSA, J. D.; TOKARNIA, C. H. Princípios de suplementação mineral em ruminantes. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.25, n.3, p.195-200, 2005.

RADOSTITS O. M.; GAY C. C.; BLOOD D. C.; HINCHCLIFF, K. W. Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e eqüinos. 9.ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 1737 p. 2002.

RIET-CORREA, F., Suplementação Mineral em Ruminantes. *In: RIET-CORREA, F.; SCHILD, A. L.; LEMOS, R. A. A.; BORGES, J. R. J. Doenças de Ruminantes e Equídeos*, 3ª ed. p. 263 – 280, Pallotti, 2007.

RIET-CORREA, F., TIMM, C. D. Deficiência de Fósforo. *In: RIET-CORREA, F.; SCHILD, A. L.; LEMOS, R. A. A.; BORGES, J. R. J. Doenças de Ruminantes e Equídeos*, 3ª ed. p. 248 – 257, Pallotti, 2007.

ROSOL, T. J. & CAPEN, C. C., Calcium-Regulating Hormones and Diseases of Abnormal Mineral (Calcium, Phosphorus, Magnesium) Metabolism. p. 619-702, *In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, 5ª ed., 932 p. Academic Press, 1997.

TEIXEIRA, J. C. Nutrição de Ruminantes, 239 p., Universidade Federal de Lavras UFLA/FAEPE, 1997.

TOKARNIA, C. H., DÖBEREINER, J.; PEIXOTO P. V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. *Pesquisa Veterinária Brasileira* v.20, n.3, p.127-138, 2000.

TOKARNIA, C. H.; PEIXOTO, P. V.; BARBOSA, J. D.; BRITO, M. F.; DÖBEREINER, J. Deficiências Minerais em Animais de Produção. Rio de Janeiro, 200 p. Ed. Helianthus, 2010.

VALENTINE, B. A.; MCGAVIN, M. D. Músculo Esquelético. *In: MCGAVIN, M. D.; ZACHARY, J. F. Bases da Patologia em Veterinária*, 4º ed., p. 973 – 1040, cap. 15, **Elsevier**, 2007.

WITTWER, F. Diagnóstico dos Desequilíbrios Metabólicos de Energia em Rebanhos Bovinos. *In: GONZÁLEZ, F. H. D.; BARCELLOS, J. O.; OSPINA, H.; RIBEIRO, L. A. O. Perfil Metabólico em Ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre, Brasil, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.