

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



DISSERTAÇÃO

**Magnésio na cadeia solo-planta-animal em campo natural da Serra do Sudeste
–RS**

Michelle de Almeida Ollé

Pelotas, 2018

Michelle de Almeida Ollé

**Magnésio na cadeia solo-planta-animal em campo natural da Serra do Sudeste
-RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Nutrição de Ruminantes).

Orientador: Engenheiro Agrônomo, PhD Hero Alfaya Junior

Co-Orientadores: Zootecnista, Dr^a Ana Carolina Fluck

Engenheiro Agrônomo, PhD João Gilberto Corrêa
da Silva

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

O42m Ollé, Michelle de Almeida

Magnésio na cadeia solo-planta-animal em campo natural da Serra do Sudeste—RS/Michelle de Almeida Ollé; Hero Alfaya Junior, orientador; Ana Carolina Fluck, João Gilberto Corrêa da Silva, coorientadores. — Pelotas, 2018.

73 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Bovinos de corte. 2. Dinâmica sazonal. 3. Interações de minerais. 4. Pastagens naturais. 5. Teores de magnésio. I. Alfaya Junior, Hero, orient. II. Fluck, Ana Carolina, coorient. III. Silva, João Gilberto Corrêa da, coorient. IV. Título.

CDD : 636.2

Michelle de Almeida Ollé

Magnésio na cadeia solo-planta-animal em campo natural da Serra do Sudeste–RS

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 27/02/2018

Banca examinadora:

Prof. Dr. Hero Alfaya Júnior (Orientador)

Doutor em Medicina Veterinária pela Universität Giessen (Justus-Liebig)

Prof. Dr. Otoniel Geter Lauz Ferreira

Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas - UFPEL

Prof. Dr. Carlos Eduardo da Silva Pedroso

Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas – UFPEL

Prof. Dr. Stefani Macari

Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Agradecimentos

Ao meu Orientador Hero Alfaya Júnior, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado, pelos ensinamentos, orientação e estímulo ao desenvolvimento científico.

À Ana Carolina Fluck, pela orientação, dedicação, parceria, apoio, por ter me mostrado o caminho a seguir, me cobrando nos momentos certo e além de tudo pela amizade.

Aos meus pais Laura e Jomar, pelo incentivo e proporcionarem a realização de seguir na vida acadêmica, aos meus irmãos pelo apoio e companheirismo.

Ao CNPq pela bolsa de estudo.

Aos meus amigos, que de alguma forma contribuíram para que eu seguisse em frente sempre. Principalmente, ao meu amigo Pablo Costa, pela amizade construída durante essa etapa da minha vida, parceria e disponibilidade.

Resumo

OLLÉ, Michelle de Almeida. **Magnésio na cadeia solo-planta-animal em campo natural da Serra do Sudeste –RS**. 2018. 73f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

O objetivo do trabalho foi avaliar a dinâmica sazonal do magnésio no solo, na planta e no soro sanguíneo dos animais em condições de campo natural ao longo de um ano, em dois solos na região de Piratini-RS, e determinar alguns fatores que influenciam a passagem de magnésio no sistema solo-planta-animal. O projeto foi conduzido em duas áreas de campo nativo no município de Piratini-RS, utilizando áreas não perturbadas, que estavam sendo utilizadas para pastoreio de bovinos. Em cada área foram mantidos doze animais, submetidos a regime de pastejo contínuo. Durante doze meses foram realizadas coletas de solo, planta e de sangue animal, posteriormente foram analisados os teores de magnésio nos solos, tecidos de plantas e soro sanguíneo dos animais. O delineamento experimental utilizado foi o completo casualizado em esquema fatorial com dois fatores. Os dados foram analisados utilizando-se a análise de variância e comparação das médias pelo teste F ($P < 0,05$) e correlação de Pearson. Os dados apresentaram variação significativa ($P < 0,0001$) no teor de magnésio (Mg) ao longo do ano no solo, na planta e no soro sanguíneo dos animais. Com menores teores no solo e na planta durante o inverno nas duas áreas. O Mg conseguiu suprir às exigências de bovinos em crescimento. Os níveis de Mg no soro de sangue dos animais cresceram conforme o avançar da idade dos mesmos, apresentando níveis no limite de normalidade no soro sanguíneo. Houve correlação entre a temperatura e as concentrações de Mg no solo, na planta e no animal, no entanto a pluviosidade não afetou os teores de Mg nos elos da cadeia solo-planta-animal. Houve interações positivas e negativas entre o magnésio e outros minerais nos distintos elos da cadeia solo-planta-animal. Conclui-se que a passagem do Mg na cadeia solo-planta-animal sofre variação ao longo do ano, sendo influenciada pelas condições climáticas e pelas interações com os outros minerais.

Palavras-chave: bovinos de corte; dinâmica sazonal; interações de minerais; pastagens naturais; teores de magnésio.

Abstract

OLLÉ, Michelle de Almeida. **Magnesium in the soil-plant-animal in the natural pastures of the Serra do Sudeste-RS**. 2018. 73f. Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

The objective of this work was to evaluate the seasonal dynamics of magnesium in the soil, plant and blood serum of the animals under natural pastures conditions over the year, in two soils in the Piratini-RS region, and to determine some factors that influence the passage of magnesium in the soil-plant-animal system. The research was carried out in two native field areas in the town of Piratini-RS, using undisturbed areas, which were being used for grazing cattle. For 12 months, soil, plant and animal blood samples were collected, and the magnesium levels in the soils, plant tissues and blood serum of the animals were analyzed. The experimental design was a randomized complete design in factorial scheme with two factors. Data were analyzed using analysis of variance and comparison of the means by F test ($P < 0,05$) and Pearson's correlation. The data presented significant variation ($P < 0,0001$) in the magnesium content (Mg) throughout the year in the soil, plant and blood serum of the animal. With lower levels in the soil and plant during winter in both areas. Mg was able to meet the requirements of growing cattle. The levels of Mg in the blood serum of the animals grew as they advanced their age, presenting levels at the limit of normality in the blood serum. There was a correlation between temperature and Mg concentrations in soil, plant and animal, however rainfall did not affect Mg levels in the soil-plant-animal chain links. There were positive and negative correlations among magnesium and other minerals in distinct links of the chain soil-plant-animal. It is concluded that the passage of Mg in the soil-plant-animal chain undergoes variation throughout the year, being influenced by the climatic conditions and the interactions with the other minerals.

Key-words: beef cattle; seasonal dynamics; mineral interactions; natural pastures; magnesium contents

Lista de Figuras

Figura 1	Localização dos municípios componentes da região fisiográfica Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul	13
Figura 2	Localização da área urbana, das Áreas 1 e 2 e da Estação Meteorológica de Piratini, dentro do município de Piratini (visão parcial)	29
Figura 3	Croquis da Área 1 (Fazenda Esperança) com a localização dos pontos amostrais	33
Figura 4	Croquis da Área 2 (Fazenda São Thomaz) com a localização dos pontos amostrais	33
Figura 5	Esquema de amostragem utilizado nas áreas experimentais	35
Figura 6	Gráfico das médias mensais observadas do teor de Magnésio no solo da área 1 e área 2, Piratini –RS, 1996-1997	42
Figura 7	Gráfico das médias mensais do teor de Mg na planta nas áreas 1 e 2, Piratini –RS, 1996-1997	44
Figura 8	Gráfico das médias mensais do teor de Mg no soro do sangue dos animais, Piratini –RS, 1996-1997	47

Lista de Tabelas

Tabela 1	Dados meteorológicos do município de Piratini durante o período de maio 1996 a junho de 1997	30
Tabela 2	Procedimento para decisão referente a forma da função (curva) a ajustar	40
Tabela 3	Análise de variância com decomposições da mudança da percentagem de argila no solo entre os doze meses nos componentes que exprimem a tendência anual e a tendência semestral e respectivos desvios de regressão, e testes de significâncias, separadamente para cada uma das duas áreas	41
Tabela 4	Médias do teor de Mg na cadeia solo-planta-animal e da temperatura e precipitação nos meses atual e prévio	50
Tabela 5	Correlações do Mg com os demais minerais em cada elo solo-planta-animal (áreas 1 e 2)	52
Tabela 6	Correlações do Mg no soro do sangue do animal com os minerais dos demais elo (áreas 1 e 2)	56

Sumário

1 Introdução	11
2 Revisão bibliográfica	13
2.1 Campo natural.....	14
2.2 Minerais em campo natural	16
2.3 Magnésio.....	18
3 Material e Métodos.....	27
3.1 Descrição das áreas experimentais	27
3.2 Condução do experimento	34
3.3 Procedimentos estatísticos.....	36
4 Resultados e Discussões	42
4.1 Magnésio no solo	42
4.2 Magnésio na planta	44
4.3 Magnésio no soro de sangue dos animais	46
4.4 Relação do magnésio com variáveis climáticas na cadeia solo-planta-animal....	49
4.5 Correlações do magnésio na cadeia solo-planta-animal com outros minerais....	51
4.6 Correlações da dinâmica do magnésio na cadeia solo-planta-animal.....	56
5 Conclusões.....	58
Referências	59

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, sendo que o Rio Grande do Sul (RS) abrange a sexta colocação desse rebanho, o que indica, ser este um estado de grande expressão no país no que diz respeito a produção de carne (ANUALPEC, 2017). Ainda em relação ao estado, segundo o IBGE (2017) o RS possui o segundo maior rebanho ovino e equino em nível nacional. Cabe ressaltar que a criação desses animais ocorre com base no sistema extensivo de produção, principalmente na metade sul do estado, onde as propriedades são caracterizadas por possuírem grandes áreas, principalmente compostas por vegetação natural.

Mesmo nos meses de abundância de pastagens naturais, apesar da grande diversidade de espécies forrageiras no RS, esse recurso de alimentação não supre as exigências nutricionais das distintas categorias de bovinos a regime de pastejo contínuo em virtude de diversos fatores como variações climáticas e manejos inadequados (BOLDRINI, 2009).

Dentre os nutrientes exigidos por esses animais, encontram-se os minerais, que desempenham funções vitais no organismo e suas deficiências causam alterações nutricionais graves, levando o animal a apresentar desempenho produtivo e reprodutivo abaixo de seu potencial (GIONBELLI et al., 2010; MIRANDA et al., 2006). Como a deficiência mineral no animal está ligada a alimentação, principalmente quando a base é forrageira, fatores como nutrientes presentes na pastagem e solo estão diretamente ligados. O desequilíbrio entre nutrientes ocorre por diversos fatores, como sua disponibilidade no solo e a absorção pelas plantas. Entre os principais fatores que afetam essa disponibilidade e absorção estão o tipo de solo, o pH, a concentração e o equilíbrio entre a fração trocável e em solução do solo, além de interações iônicas (MALAVOLTA, 1980; TISDALE; NELSON; BEATON, 1985).

Da mesma forma, é necessário o conhecimento sobre a quantidade de cada mineral e, ser confrontados com os demais devido a consciência de que podem produzir interferência na sua assimilação em cada elo da cadeia “solo-planta”, “planta-animal”. Há ainda a considerar as variações dos teores dos elementos nas amostras da mesma pastagem nas diferentes épocas do ano, variações essas que, relativamente à maioria dos elementos, são bastante grandes.

Entre os minerais, o magnésio (Mg), é um macronutriente catiônico de grande importância para o desenvolvimento das plantas e dos animais. Embora o Mg não seja exigido em grandes quantidades pelas plantas, sua deficiência poderá provocar redução no desenvolvimento e diminuição da produção, resultando em baixos teores de Mg sérico nos animais (SENGIK, 2003; SOUSA et al., 1987; WIEND, 2007).

O objetivo foi avaliar a dinâmica do Mg no solo, na planta e no soro sanguíneo dos animais em condições de campo natural, em dois solos na região de Piratini-RS, ao longo de doze épocas de observação, bem como determinar alguns fatores que influenciam a passagem de Mg no sistema solo-planta-animal.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Região Serra do Sudeste (Figura 1) caracteriza-se por ser relativamente extensa e pouco desenvolvida, apesar de a maioria dos seus municípios serem muito antigos. Cidades históricas, como Piratini e Canguçu, inseridas nesta região, permanecem semi-estagnadas. A área total da região é 229.648 hectares.

A atividade principal é a pecuária extensiva, com bovinos e ovinos, que ainda ocupam grande parte das áreas rurais, principalmente em pequenas propriedades. Mais de 90% da produção pecuária é realizada sobre o substrato campo natural, com baixos índices de produtividade, devido aos problemas de estacionalidade da produção forrageira, e falta de alimentos e nutrientes, principalmente na estação fria.

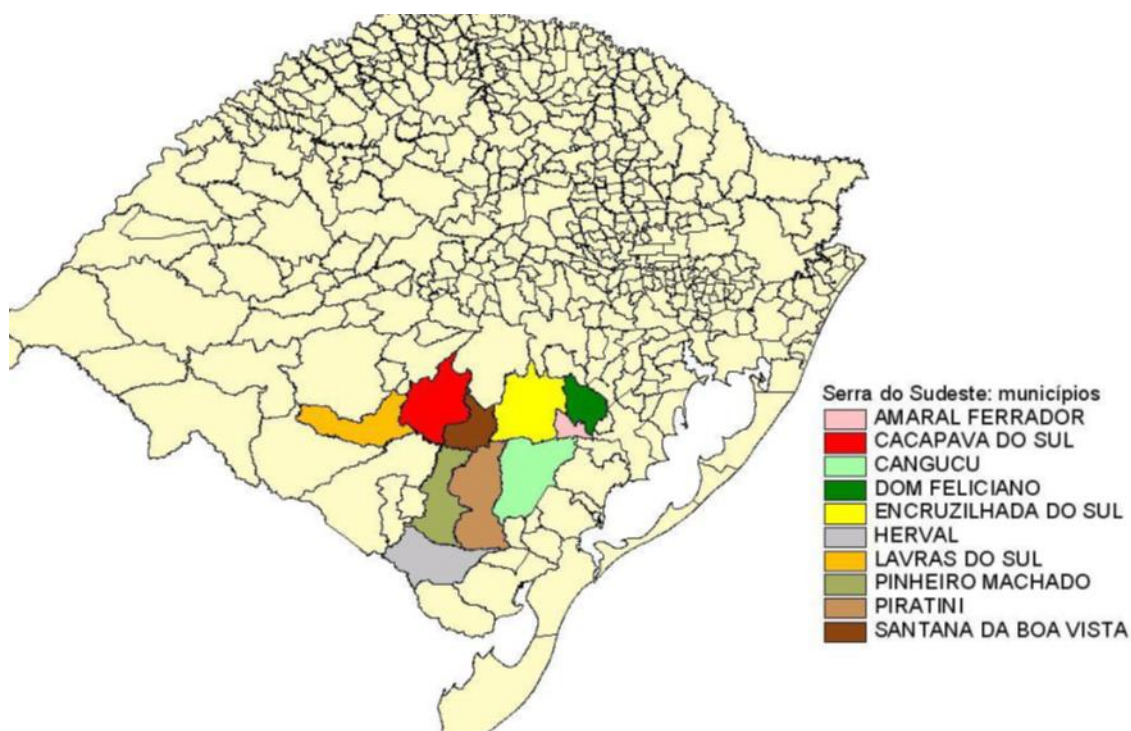


Figura 1- Localização dos municípios componentes da região Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul.

2.1 Campo natural

Em 2016 o rebanho bovino brasileiro apresentava 218,23 milhões de cabeças (IBGE, 2017), representando um aumento de 1,4% em comparação com o ano anterior. O Estado do Rio Grande do Sul (RS) apresenta índices de produtividade que podem variar de 60-1000 kg de peso vivo por hectare (ha) por ano dependendo do tipo de manejo implementado (NABINGER et al., 2012). Em relação ao rebanho ovino e equino no Brasil, o efetivo foi, respectivamente, de 18,43 e 5,58 milhões de cabeças no ano de 2016 (IBGE, 2017).

O sistema de produção é caracterizado por utilizar uma pecuária extensiva a pasto. No caso do Rio Grande do Sul (RS), aproximadamente 31,38% da área pastoril utilizada na pecuária de corte é coberta por vegetação natural (CORDEIRO; HASENACK, 2009). Esta vegetação é um valioso recurso natural renovável e de importância, possuindo aptidão ecológica para produzir alimento volumoso de qualidade e de baixo custo para o desenvolvimento de sistemas de produção animal, contribuindo para a atividade socioeconômica do país e conservação do solo, água e fauna (SILVEIRA et al., 2008). Porém a maioria se encontra mal adubada e com manejo inadequado, não proporcionando aos bovinos o consumo essencial de elementos nutricionais (SOARES et al., 2005). O bioma pampa encontra-se no RS, o termo pampa significa “região plana” e está associado à paisagem dominante de extensas planícies cobertas de vegetação rasteira, características do extremo sul do território brasileiro (SUERTEGARAY; SILVA, 2009). Apresenta ecossistemas heterogêneos, devido ao grande número de tipos de solos e as variações tanto de altitude como de clima, e estas características refletem diretamente na diversidade da composição florística das diferentes comunidades vegetais (GOULART, 2014).

No RS, os campos nativos têm predomínio de gramíneas que favoreceram a implantação da exploração da pecuária de corte na região em função do suporte oferecido pelas pastagens naturais para o desenvolvimento desta atividade (SANTOS, 2012). O conhecimento dessa diversidade e a compreensão da dinâmica dessa vegetação aliadas a práticas de manejos conservacionistas, resultam em um melhor aproveitamento dos recursos naturais das áreas de campos nativos consequentemente melhor desempenho na produtividade de carne (GOULART, 2014).

Boldrini (2009), em levantamentos botânicos realizados nessas pastagens registrou 523 espécies de gramíneas e 250 espécies de leguminosas, a maioria delas perene e de crescimento estival. O sucesso das gramíneas está baseado na variabilidade e versatilidade de suas formas biológicas adaptadas às pressões impostas pelo meio ambiente, especialmente relacionadas ao regime hídrico e às ações antrópicas, como uso do fogo e a presença de herbívoros (BOLDRINI; LONGHI-WAGNER; BOECHAT, 2005).

Devido a predominância por espécies de ciclo estival, o campo nativo do RS é reconhecido pela sua estacionalidade da produção de forragem. A consequência deste fato é a baixa produção e qualidade de forragem nos meses de inverno, com consequente perda de peso dos animais neste período, devido ao descompasso entre a produção de forragem e as necessidades dos animais (ALFAYA et al., 1997a,b; CARVALHO; MARASCHIN; NABINGER, 1998).

Assim, a produção de pastagens nativas sofre influências de fatores climáticos (água, temperatura, luminosidade), físicos (nutrientes minerais, estrutura do solo e topografia) e de manejo, interferindo na sua produtividade e, consequentemente na produção animal (OLIVEIRA, 1997). Sendo necessário estabelecer um balanço entre a necessidade (exigências dos animais) com suprimento (fontes de forragens), visando acomodar desvios sazonais (flutuações na produção) e anuais da capacidade de suporte média (PAULINO et al., 2004a).

Portanto, o sistema extensivo em campo natural é de vital importância para a bovinocultura de corte, pois quando aliados corretas práticas de manejo, apresenta aumento da produtividade e torna-se o sistema com necessidade de menor desembolso com suplementos (PAULINO et al., 2004a). Pois, representam uma fonte de alimento relativamente barata e eficiente energeticamente, compatível com as demandas (NABINGER, 2006; PILLAR et al., 2009). Além do que, enseja baixo estresse, uma vez que os animais são mantidos em grupos, livres, em seu habitat natural (PAULINO et al., 2004a).

2.2 Minerais em campo natural

Como mencionado, a produção de bovinos de corte no RS, está sustentada predominantemente na utilização de pastagens naturais, em geral, em áreas compostas por solos ácidos e de baixa fertilidade (CAVALHEIRO; TRINDADE, 1987; FERNANDES, 1989), cuja produção de matéria seca sofre variações estacionais ao longo do ano, características dos climas subtropicais. A flutuação no crescimento das diferentes espécies forrageiras também se reflete na concentração de seus principais nutrientes como a proteína, energia e minerais. Assim, como consequência, estes nutrientes acabam limitando parcialmente o crescimento e a eficiência dos rebanhos, repercutindo nos seus índices de produtividade (BARCELLOS et al., 2003).

Os minerais são nutrientes que, juntamente com a energia e a proteína do alimento, desempenham funções essenciais para o desempenho satisfatório dos animais (BARCELLOS et al., 2003; OLIVEIRA, 1997). Divididos em macronutrientes e micronutrientes, conforme a exigência do organismo, desempenham funções metabólicas que interferem na performance equilibrada do organismo do animal, constituem a estrutura dos tecidos corporais, mantêm a pressão osmótica estabilizada, contribuem com a permeabilidade das membranas plasmáticas e funcionam como ativadores enzimáticos necessários aos bovinos (BENITES et al., 2010; DIAS, 1997; GIONBELLI et al., 2010; TOKARNIA; DÖBEREINER; PEIXOTO, 2000). Influenciando no ganho de peso e eficiência reprodutiva.

Em consequência disso, a caracterização da composição mineral das pastagens naturais assume grande importância no que diz respeito aos minerais essenciais, os quais, quer por sua deficiência, quer por seu excesso, podem determinar significativos prejuízos à produção pecuária (RODRIGUES et al., 2016; SENGHER et al., 1996; TOKARNIA; DÖBEREINER; PEIXOTO, 2000). Pois, a falta de consumo pelos animais de minerais essenciais em níveis adequados e em equilíbrio podem limitar a digestão, absorção, utilização e produção animal (NOLLER; NASCIMENTO; QUEIROZ, 1996).

Para Fick; McDowell; Houser (1978) e Moraes (2001) baixa ingestão ou desbalanceamento dos minerais nos alimentos pode afetar negativamente a fertilidade, a produção de carne, a produção de leite, e, de modo geral, a saúde dos animais. E com isso, quanto mais breve for o diagnóstico da carência do nutriente,

mais rápida será a recuperação, pois o tempo de retomada do teor adequado do nutriente varia conforme a idade e o tempo de deficiência.

A presença da maioria dos minerais nas forrageiras consumidas pelos animais depende de vários fatores interdependentes, tais como: composição química do solo; do gênero, espécie ou variedade da planta; a natureza do solo em que ela se desenvolve e das formas dos nutrientes presentes no solo; as condições climáticas ou sazonais durante seu crescimento, e o estágio de sua maturação (FERREIRA, 2008; TOKARNIA; DÖBEREINER; PEIXOTO, 2000; UNDERWOOD, 1966). Assim, a quantificação dos elementos minerais no solo e nas plantas são indicadores precisos da verdadeira disponibilidade aos animais (BARCELLOS et al., 2003).

De acordo com Senger et al. (1996), animais em pastejo livre experimentam períodos de subnutrição, e nutrição compensatória no processo de satisfazer as suas exigências durante seu ciclo de vida, sendo submetidos aos impactos de mudanças de alimento, e também acarretam a diminuição progressiva do valor nutritivo das pastagens, por causa da retirada contínua das nutrientes essenciais ao desenvolvimento animal.

Em virtude da nítida influência do clima na composição mineral e nutricional das plantas, a maioria dos elementos minerais apresentam maiores concentrações na primavera, quando as plantas nativas de ciclo estival estão em pleno desenvolvimento (BARCELLOS et al., 2003), indicando a necessidade de avaliar os seus teores de minerais em diferentes estações do ano para se ter de forma mais clara uma estimativa da sua composição (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999).

No Brasil, resultados de análises de solos, plantas forrageiras e tecidos animais têm revelado ampla variedade de carências e alguma toxicidade de minerais (TOKARNIA; DÖBEREINER; PEIXOTO, 2000). Assim, um planejamento do sistema de pastejo, deve ser realizado de forma a permitir o ajuste efetivo entre o suprimento e a demanda a fim de que se possam ter animais bem alimentados, com bom desempenho a partir de forragem de qualidade e em quantidade adequada (NABINGER; DALL'AGNOL; CARVALHO, 2006; SILVA; PEDREIRA, 1996).

Desta forma, a deficiência de nutrientes está relacionada à sua baixa disponibilidade na cadeia produtiva (produção primária), a qual depende de uma série de fatores, por vezes interdependentes, que influenciam sobremaneira o último elo da mesma, o animal (DANTAS; NEGRÃO, 2010). Alguns destes fatores não

apresentam especificidade para determinado nutriente e, portanto, agem da mesma maneira para todos. Outros apresentam afinidade em maior ou menor escala com um determinado nutriente, afetando a sua disponibilidade em distintos graus. Entretanto, muitos destes fatores interagem entre si, podendo desta forma aumentar ou diminuir a disponibilidade do nutriente no seu trajeto, do primeiro ao último elo da cadeia produtiva. Por este motivo, o aumento dos índices de produtividade dos animais estão ligados à compreensão mais pormenorizada do mecanismo de transferência dos nutrientes no sistema solo-planta-animal (SANTOS et al., 2010).

2.3 Magnésio

2.3.1 No solo

Conforme descrito por Lopes (1998) e Wiend (2007) o Mg origina-se da decomposição de rochas contendo minerais primários como dolomita e silicatos com Mg (hornblenda, olivina, serpentina e biotita) ou ainda em minerais de argila secundários (clorita, illita, montmorilonita e vermiculita). Como esses minerais contidos nas rochas se desgastam lentamente, apenas parte do Mg torna-se disponível para as plantas. Podendo, seu conteúdo nos solos variar de 0,1% até 4% de acordo com a textura do solo e a região. Para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os teores médios de Mg variam de $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (MAC – RS/SC, 2004). Segundo Sengik (2003) o teor de Mg trocável que pode ser considerado como médio no solo situa-se na faixa de $0,4$ a $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

O Mg fica presente na solução do solo (forma livre) e na fração trocável, adsorvido aos coloides de carga negativa como Mg^{2+} na solução do solo, consideradas disponíveis às plantas e é transportado às raízes das plantas principalmente por fluxo de massa (BENITES et al., 2010; DIAS; NEVES; SILVEIRA, 2012; FAQUIN, 2005). Isto ocorre quando a água absorvida pelas plantas flui ao longo de um gradiente de potencial hídrico, arrastando consigo os nutrientes dissolvidos na solução do solo para próximo da superfície radicular onde ficam disponíveis para a absorção (DIAS; NEVES; SILVEIRA, 2012; FAQUIN, 2005;).

Com a decomposição das rochas primárias e a liberação do Mg para a fração trocável do solo, o elemento pode ser lixiviado em regime de intensa pluviosidade

(LOPES, 1998), ser absorvido por organismos que não a planta-alvo, ser adsorvido por partículas minerais ou precipitar-se como um mineral secundário (WIEND, 2007).

A forma com que o Mg vai estar no solo e sua disponibilidade depende da textura do solo, do conteúdo de matéria orgânica (ambos responsáveis pela capacidade de retenção de cátions no solo), do pH, e de altos níveis de cálcio (Ca), potássio (K) e amônio (TOKARNIA; DÖBEREINER; PEIXOTO, 2000). Com iguais quantidades de Mg trocável, a concentração na solução do solo é, normalmente, maior em solos arenosos que em solos argilosos. Isto se deve ao fato de que os solos com altos teores de argila têm maior capacidade adsorvente que os solos arenosos (BENITES et al., 2010; MATIELLO; JAPIASSÚ, 2004). Assim, a liberação de Mg do complexo trocável em solos argilosos é geralmente inferior às exigências das plantas, exigindo grandes quantidades de Mg disponível para um ótimo crescimento das mesmas (WIEND, 2007).

A disponibilidade de Mg para as plantas também está relacionada ao pH do solo. Com valores de pH baixo, a disponibilidade de Mg para a planta decai. Pois em solos ácidos ($\text{pH} < 5.0$), o excesso de hidrogênio e alumínio podem reduzir a disponibilidade e absorção de Mg. Em valores elevados de pH (> 7.4) ocorre justamente o contrário, pois o Ca, quando em excesso, pode estimular bastante a captação de Mg pelas plantas (BARBER, 1984; MARSCHNER, 1986).

Conforme Benitis et al. (2010) e Wiend (2007), a disponibilidade de Mg, não depende somente do potencial do solo para armazenar e liberar este cátion, mas da proporção que ocupa nos sítios de troca do solo (saturação). Pois, a membrana plasmática das plantas tem pouca afinidade pelo Mg, podendo este ser suprimido pela presença de outros cátions. Os desequilíbrios gerados por Mg com outros cátions também podem produzir deficiência, principalmente em solos calcínicos, onde se apresenta excesso de Ca, ou em solos ácidos, onde a saturação por alumínio limita a absorção de Mg.

O Mg também deve estar em proporção adequadas com o K, devido ao antagonismo entre estes dois nutrientes, em função de mecanismos químicos, pois o excesso de Mg induz carência de K por diminuir a sua disponibilidade e vice versa (FAGERIA, 2001).

A presença de íons de amônio também pode interferir na absorção de Mg pela planta, pois as reações deste cátion são, em geral, semelhantes às do K, devido ao tamanho dos íons serem quase idênticos (LIDE, 2009).

2.3.2 Na planta

O Mg é um macronutriente catiônico e secundário, essencial para o desenvolvimento das plantas. Nas plantas ele é absorvido como íon bivalente positivo – Mg^{2+} (DEON, 2007; DIAS; NEVES; SILVEIRA, 2012; SENGIK, 2003). Para este mineral não há mecanismo específico de transporte através da membrana plasmática. O transporte é “passivo” e, provavelmente, mediado por transportadores eletroquímicos. No transporte, a competição pode ter papel relevante e a absorção ser seriamente afetada pelo excesso de outros cátions (BENITES et al., 2010; MENGEL; KIRBY, 2001).

De acordo com Wiend (2007), o Mg, que não está fixado à estrutura da clorofila e às paredes celulares (o mg remanescente), é muito móvel, estimando-se que cerca de 20% do que foi absorvido circula no sistema vascular do xilema e do floema. Devido a sua alta mobilidade no floema, o Mg é facilmente transportado desde as folhas velhas até os lugares de intensa atividade metabólica, como caules jovens e órgãos de reserva (BENITES et al., 2010).

Na planta a principal função do Mg é fazer parte da molécula de clorofila, na qual ele se localiza como átomo central (DIAS; NEVES; SILVEIRA, 2012; SOUSA et al., 1987). Este elemento está envolvido nas reações de carboxilação da fotossíntese, ou seja, como coenzima na fixação de dióxido de carbono (CO_2). Durante a assimilação do CO_2 , as moléculas de açúcar são formadas a partir da água e do CO_2 , utilizando a energia solar. Esta é uma reação básica para a síntese de outros constituintes das plantas, como amido, proteína, gorduras e vitaminas. Assim, em casos de baixa disponibilidade de Mg nas folhas, a fixação de CO_2 fica severamente limitada (WIEND, 2007), prejudicando o metabolismo das plantas.

O Mg também possui relação com o transporte de carboidratos na planta (GUIMARÃES; MENDES, 1997). E é responsável pela regulação do pH e do ajuste da turgescência nas células das plantas. Ainda, 5% a 10% do Mg está ligado à pectina e serve como elemento estrutural das paredes celulares (WIEND, 2007). O Mg faz parte da lamela média, que é um constituinte da parede celular. A célula vegetal apresenta parede primária e secundária, e uma lamela média, rica em pectato de Ca e Mg, presente na junção das paredes das paredes de células vivas

(PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009), contribuindo para adesão entre as células, firmeza e resistência mecânica do tecido.

Assim, na deficiência de Mg, há dificuldade na translocação de carboidratos para a raiz, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular, que por sua vez reduzirá a absorção de outros nutrientes (WIEND, 2007). Os sintomas de deficiência aparecem inicialmente nas folhas mais velhas que se apresentam com tamanho reduzido e clorose internerval, pelo fato de ser um nutriente bastante móvel na planta (DIAS, 1997; MENDES; FARIA; SILVA, 2010; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2009).

Um dos fatores que provocam deficiência de Mg nas plantas são as interações com outros minerais. Segundo Malavolta (1989), a presença de outros cátions, tais como o Ca, o K e o P em grandes quantidades na solução do solo, pode interferir na absorção do Mg pela planta.

A inter-relação entre os nutrientes Ca e Mg na planta está relacionada às suas propriedades químicas próximas, como o raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade, causando competição pelos sítios de adsorção no solo, e na absorção pelas raízes. Como consequência, a presença de um pode prejudicar os processos de adsorção e absorção do outro, fato ocorrente para os íons Ca^{+2} e Mg^{+2} (ORLANDO FILHO et al., 1996).

De acordo com Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), quando a ocorrência de Mg no solo for baixa, sua absorção poderá ser inibida competitivamente pelo K. Neste sentido, Fonseca; Meurer (1997) mediram a cinética de absorção de Mg por plântulas de milho e observaram uma inibição da absorção do Mg por cloreto de potássio na concentração de 0,3 mmol/L apenas quando a concentração de Mg foi inferior a 0,72 mmol/L. Meurer (1991) observou decréscimos na produção de matéria seca de sorgo em solos bem supridos de Mg e com alto suprimento de K. Robbins; Mayland (1993) observaram o limite, do quociente $\text{K}/\text{Ca}+\text{Mg}>2,2$, como aquele acima do qual o teor de Mg no tecido das pastagens diminui, causando deficiência em ruminantes.

Já a relação Mg:P apresenta outra conotação, pois dentre as principais funções do Mg nas plantas destaca-se a sua participação como ativador enzimático. Quase todas as enzimas fosforilativas, tanto de incorporação como transferência do P inorgânico, dependem da presença de Mg, que é capaz de formar uma ponte entre o ATP e/ou ADP e a molécula da enzima. Essa transferência de energia é fundamental para os processos de fotossíntese, respiração, reações de síntese de

compostos orgânicos, absorção iônica e trabalho mecânico, como a expansão radicular (MALAVOLTA, 2006; MARSCHNER, 2012; PRADO, 2008). Dessa forma, ocorre um sinergismo entre P e Mg, ou seja, a absorção de P é máxima quando na presença de Mg na solução do solo, por se tratar de um carregador de P, como resultado da participação do Mg na ativação de ATPases da membrana responsáveis pela absorção iônica (ARAUJO; MACHADO, 2006; MALAVOLTA, 2006; MALAVOLTA, VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A disponibilidade do Mg para as plantas, assim como a de outros cátions, é afetada tanto pela quantidade deste nutriente disponível no solo, como também pelo grau de saturação no complexo de troca e da relação com os outros cátions do complexo coloidal (SENGIK, 2003).

Minson (1990) refere que a contração de Mg nas forragens varia muito em dependência da espécie de planta, estágio de crescimento da planta, estação do ano e da temperatura ambiente. De fato, isto porque a biodisponibilidade deste elemento nas forragens é considerada baixa e variável (20 - 45%), em dependência da espécie de planta (HENRY; BENZ, 1995).

2.3.3 No animal

O Mg se encontra na maioria dos tecidos do corpo dos animais. Cerca da metade é encontrada nos ossos e dentes, a outra metade se encontra nos tecidos moles e fluidos do corpo (ENSMINGER; OLDFIELD; HEINEMANN, 1990). Já Caneppele (2014) e Sousa (1981) afirmam que mais da metade se encontra nos ossos e dentes (70%) e o restante nos tecidos moles e fluidos do corpo.

Segundo o NRC (2000), o rúmen é o principal local de absorção de Mg em ruminantes. Ele também é absorvido principalmente no retículo e no omaso. Ainda pode ser absorvido, em menor escala, no intestino delgado e cólon (SCHULTZ et al., 1993).

A absorção de Mg pelos animais se dá por dois mecanismos. Um deles, o mais importante, é o ativo, que ocorre quando a ingestão de Mg é baixa. Assim, a eficácia da absorção deste elemento aumenta. O outro é o mecanismo passivo, que se estabelece quando a ingestão de Mg é elevada ou excessiva. Neste caso, a absorção é baixa ou nula (KINCAID, 1993).

O Mg tem funções importantes no organismo dos animais. Além de ser componente de ossos e dentes, o Mg é um elemento essencial para o metabolismo celular. Nesta função, muitas vezes, ele atua como um ativador de enzimas envolvidas em compostos fosforilados e de transferência de fosfato de alta energia de ADP e ATP (ENSMINGER; OLDFIELD; HEINEMANN, 1990). Atua também ativando certas peptidases importantes para a digestão das proteínas (KIRCHGESSNER, 1989).

O Mg se encontra envolvido também no metabolismo de carboidratos e lipídeos como um catalizador de uma grande variedade de enzimas que necessitam deste elemento para a sua atividade ideal (FONTENOT et al., 1989; KINCAID, 1993). Conforme Lalman (2005), ele também está envolvido no transporte de membrana formando junto com o Ca complexos estáveis com os fosfolipídeos que fazem parte das membranas celulares. Dependendo da concentração de ambos, eles podem agir sinergicamente ou antagonicamente. Assim, o Mg é denominado "bloqueador natural do canal de cálcio", controlando a concentração intracelular de Ca (WEGLIICKI, 2012). O Mg é importante para a excitabilidade dos nervos e, portanto, para a contração da musculatura esquelética e, como antagonista ao Ca, ele age relaxando os impulsos nervosos (CANEPPELE, 2014; ENSMINGER; OLDFIELD; HEINEMANN, 1990; LALMAN, 2005).

Normalmente, para animais em pastejo não ocorre deficiência de Mg, uma vez que, teoricamente, os teores deste nutriente na forragem são suficientes para suprir as necessidades de ovinos e bovinos pastejando áreas de campo natural com distintas características paisagísticas (ALFAYA et al., 1998). Entretanto, os mesmos autores indicam que em determinadas áreas pode ocorrer insuficiência de Mg na vegetação no período de primavera e verão. Da mesma forma, Guimarães et al. (1992) determinaram que os teores de Mg na forragem estudada eram suficientes, para atender as necessidades de animais em pastejo, uma vez que os níveis determinados no plasma e no fígado dos animais eram normais.

A principal consequência da deficiência de Mg é a ocorrência da tetania hipomagnesêmica (tetania do pasto; tetania da primavera; tetania da lactação) que ocorre, conforme González et al. (2002); Shultz et al. (1993) e Sousa (1981), em animais que apresentam um teor de 0,1 mg/100ml de soro de sangue, enquanto animais sadios apresentam de 2,0 a 4,0 mg/100 ml. Muito embora, Schultz et al.

(1993) refiram que teores de Mg no soro de sangue raramente ultrapassem o umbral superior de 2,5 -3,0 mg/100 ml, em animais sem deficiência de Mg.

Esta enfermidade ocorre, principalmente, em regiões de climas frio e temperado (GONZÁLEZ et al., 2002; SOUSA et al., 1987). Isto porque a absorção de Mg pelas plantas diminui, em função das temperaturas mais baixas (SHULTZ et al., 1993). Ensminger et al. (1990) referem que esta enfermidade geralmente ocorre dentro das duas primeiras semanas após a troca dos animais para poteiros com pastagens novas e de crescimento exuberante e rápido, podendo ocorrer na primavera e no outono.

A tetania hipomagnesêmica afeta principalmente fêmeas de bovinos de corte e ovinos aleitando, preponderantemente na primavera (CANEPPELE, 2014; KIRCHGEESNER, 1989). Isto porque o teor de Mg por litro de leite é de 125 mg em vacas lactantes (KINCAID, 1995) e, desta forma, boa quantidade de Mg é excretado do corpo do animal. A tetania do pasto também pode acometer animais muito jovens sendo aleitados, pois, neste caso o Mg não adentra o segmento retículo-rúmen, diminuindo a absorção (KIRCHGEESNER, 1989).

Alguns componentes da dieta podem intensificar os efeitos da deficiência de Mg. Entre eles o K, pois este elemento se encontra em grandes quantidades nas forragens (FONTENOT et al., 1989; VALADARES FILHO et al., 2010) e pode prejudicar a absorção do Mg em nível ruminal (ARAÚJO et al., 2010; CANEPPELE, 2014; GONZÁLEZ et al., 2002). Isto se deve à observação de que o aumento dos níveis dietéticos de K em ruminantes resulta em maior fluxo de Mg no duodeno proximal, reduzindo, conseqüentemente, a disponibilidade de Mg no trato gastrointestinal (GREENE et al., 1988; KHORASANI; ARMSTRONG, 1990). Ainda, segundo Greene; Webb; Fontenot (1983), essa depressão na absorção de Mg ocorre quando os níveis de K são superiores a 2,25% do total da dieta. Outro fator que afeta a absorção do Mg é o quociente K (Ca+Mg), pois a medida que ele aumenta, aumenta a incidência da tetania hipomagnesêmica (SCHULTZ et al., 1993).

Outro componente da dieta que pode afetar a absorção de Mg é o P, quando em grandes quantidades na dieta (BARCELLOS et al., 2003). Conforme González et al. (2002) e Fontenot et al. (1989), elevados níveis de P na dieta podem reduzir a absorção de Mg, por competirem pelo mesmo sítio de absorção.

Forragens jovens que apresentam altos níveis de nitrogênio (N), proteína e K inibem a absorção de Mg (GONZÁLEZ et al., 2002). Neste sentido, Schultz et al. (1993) referem que o coeficiente de absorção do Mg decresce cerca de 42% na medida que os teores de K e N aumentam na planta. Já o sódio (Na), inibe o efeito antagônico do K em proporções Na:K (5:1), aumentando linearmente a absorção do Mg nos animais (CANEPPELE, 2014). Segundo Caneppele (2014), a elevada concentração de amônia ruminal desfavorece a absorção de Mg, porque reduz o fluxo sanguíneo da parede ruminal, diminuindo a absorção de Mg. A amônia (NH^{3+}) no rúmen é oriunda das proteínas contidas em forragens novas.

De qualquer sorte, a presença de outras substâncias pode interferir na absorção do Mg pelo animal. Assim, a absorção deste elemento pode ser afetada negativamente quando da ingestão de grandes quantidades de Ca, ácido oxálico, fitato e amoníaco. Por outro lado, a absorção aumenta na presença de proteína, lactose, vitamina D, hormônio do crescimento e antibióticos (ENSMINGER; OLDFIELD; HEINEMANN, 1990; LOPES; GUILHERME, 1992).

Quanto às exigências de Mg dos animais domésticos, Underwood (1981) indica alguns fatores, tais como espécie, raça, idade, taxa de crescimento, taxa de produção e biodisponibilidade do nutriente na dieta que podem influenciar a disponibilidade dos nutrientes para os animais. Ele indica que dietas com no mínimo 0,07% de Mg na matéria seca da dieta total, podem atender às exigências dietéticas mínimas de ovinos e bovinos. Já Sousa (1981) determina que as exigências de Mg estão em torno de 0,06% na matéria seca da dieta total.

Margon (1981), estimou para bovinos de 400 kg de peso vivo e ganho de 1 kg de PV/dia, exigências líquidas totais de Mg (manutenção + ganho) de 1,47 g/dia. Também para bovinos com os mesmos pesos e mesmos ganhos, Silva Sobrinho (1984) estabeleceu a exigência líquida de Mg em 0,80 g/dia e a exigência líquida total (manutenção + ganho de 1kg de peso vivo) em 2,00 g/animal/dia. Carvalho (1989) estimou, para animais de 400 kg/PV, a exigência líquida de Mg para ganho em 0,34 g/kg de ganho de peso vivo, e a exigência líquida total em 1,51 g /animal/dia. E o ARC (1980) determina, para um bovino com 400kg, ganhando 1 kg de peso sóbrio diário, uma exigência líquida de 0,45 g/kg de ganho de peso

Em relação às exigências dietética de Mg para bovinos com os mesmos pesos (400kg) e os mesmos ganhos (1kg/dia), Margon (1981) estimou o valor em 7,35 g/dia de Mg, Silva Sobrinho (1984) estabeleceu 11,76 g/dia, Carvalho (1989)

em 9,06 g/dia, o ARC (1980) uma exigência dietética de 9,5 g/dia e Paulino et al. (2004b) em 8,38 g/dia.

O NRC (2000) determina um percentual de Mg na matéria seca da dieta para diferentes categorias, como segue: animais em crescimento e terminação (0,10%); vacas gestantes (0,12%); vacas em lactação (0,20%). Ele ainda indica as necessidades absolutas, como por exemplo: reposição das perdas endógenas (3 mg Mg/kg PV); crescimento (0,45 g Mg/kg de ganho); lactação (0,12 g de Mg/kg de leite); gestação (início: 0,12 g; média: 0,21 g; final: 0,33 g Mg/dia).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em parceria com a Embrapa Clima Temperado, no Município de Piratini – RS, situado na região Serra do Sudeste.

3.1 Descrição das áreas experimentais

3.1.1 Localização das áreas experimentais e critérios considerados na escolha das áreas

O estudo foi realizado no município de Piratini, situado na região agroecológica e ecoclimática Serra do Sudeste (Figura 1). Foram escolhidas duas propriedades rurais no 2º e no 4º subdistrito do município de Piratini, RS, cujas características edáficas, florísticas e topográficas são representativas da região agroecológica Serra Sudeste. Os solos são considerados pobres e na sua maior parte a vegetação “climax” é a de campo.

Os critérios para a escolha das propriedades foram os seguintes:

- Campo nativo sobre solo não perturbado, ou seja, que não tenha sofrido qualquer tipo de prática agrônômica (adubação, melhoramento etc.);
- Animais pastejando a área de coleta das amostras não receberem suplementação de qualquer natureza (ração, minerais) durante a vigência do período experimental (um ano para cada grupo de animais);
- Disponibilidade de 12 animais por ano (novilhas) para coletas de sangue;
- Os grupos de animais permaneceram nas áreas durante um ano.

Na Figura 2 encontram-se as localizações da área urbana de Piratini, da Estação Meteorológica de Piratini, e das áreas experimentais. A Área 1, na Fazenda Esperança, localiza-se a 9,9 km (linha reta) da Estação Meteorológica de Piratini, situada na sede do município de Piratini, com acesso via estrada Cancelão – Pinheiro Machado (Latitude 31°22'14''S; Longitude 53°11'08''W). A elevação média tomada na área experimental é 401,10 m ANM. Está situada nas terras Altas não Rochosas Planas (TanRP) – S'N (unidade 3S'Nm) que constitui-se nas superfícies mais aplainadas de uma região caracterizada como um planalto único com altitude de 400 a 450m. O relevo é suave ondulado e em menor parte ondulado. Esta

unidade geomorfológica está localizada na nascente do Rio Camaquã, entre o divisor de águas da bacia hidrográfica do rio Piratini e a serra de relevo íngreme formada pela dissecação de rochas metassedimentares, situadas desde as nascentes dos afluentes do arroio Boici (CUNHA et al., 1998).

A Área 2, na Fazenda São Thomaz, localiza-se a 21,4 km (linha reta) da sede da Estação Meteorológica de Piratini. A localidade é denominada pedregal, com acesso pela estrada Piratini – Canguçu. (Latitude 31°15'44''S; Longitude 52°59'43''W). A elevação média tomada na área experimental é 321 m ANM. Está situada nas Terras Altas não Rochosas (TanRP) – SN (unidade 3SNm). Esta Unidade geomorfológica se localiza na bacia hidrográfica do rio Piratini, constituindo-se na parte do relevo que começa a ser dissecado no planalto do divisor (400 a 450m de altitude) pelas nascentes dos afluentes do arroio Boici (CUNHA et al., 1998).

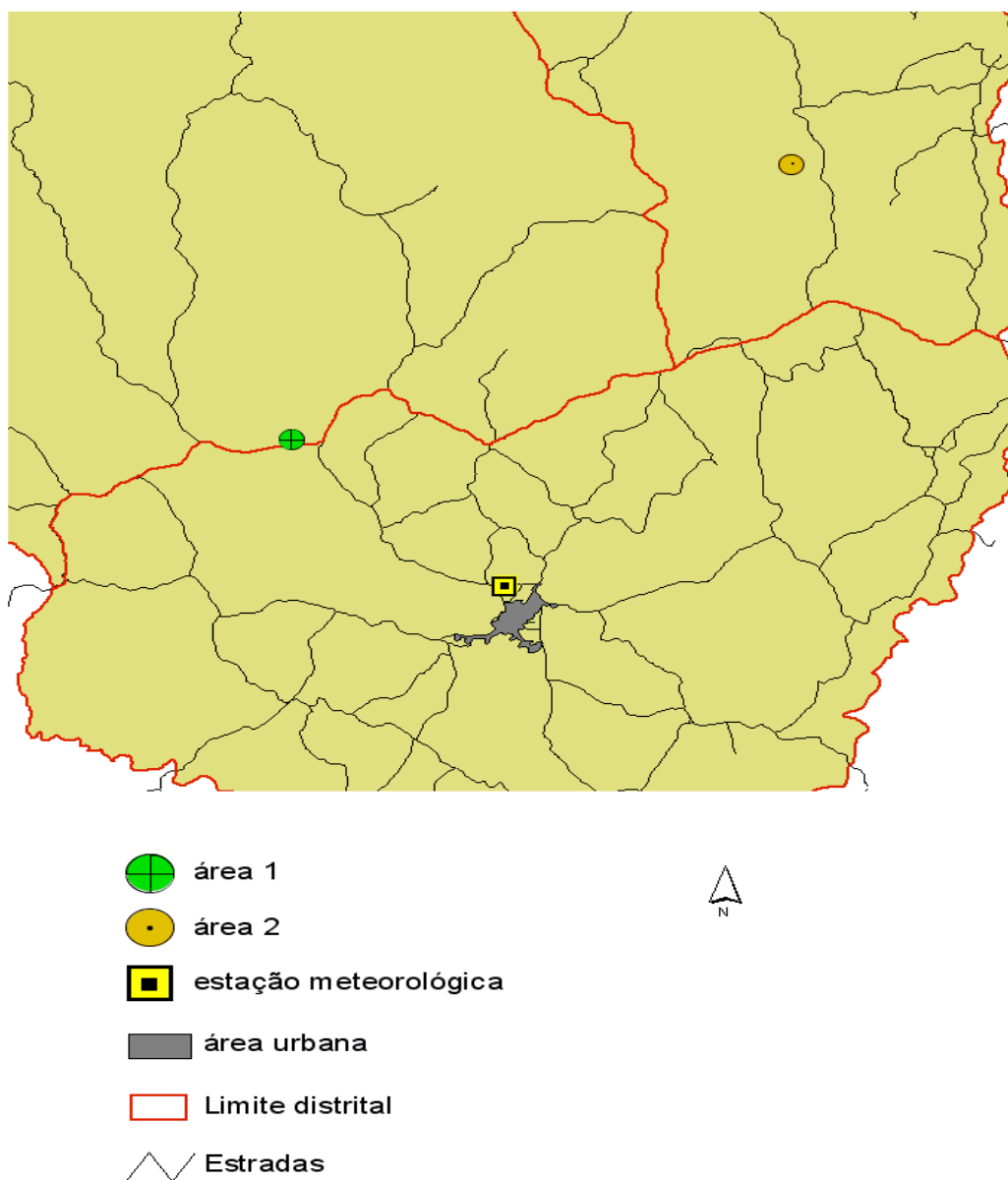


Figura 2 - Localização da área urbana, das Áreas 1 e 2 e da Estação Meteorológica de Piratini, dentro do município de Piratini (visão parcial).

3.1.2 Topografia

As áreas experimentais apresentam relevo ondulado a fortemente ondulado, sendo constituído também por partes planas e íngremes. A declividade medida varia entre 20 – 30 %.

3.1.3 Clima

Nas partes mais elevadas da região Serra do Sudeste o clima é temperado úmido, com invernos frios e verões amenos. Nas menores altitudes o clima é subtropical. As precipitações anuais médias são 1400 –1600 mm, com chuvas regulares durante o ano. Há, no entanto, problemas de estiagens nos verões. Este fenômeno, aliado aos solos muitas vezes rasos e declivosos, e íngremes dificultam as perspectivas desta região tornar-se desenvolvida em cultivos anuais de estação quente em grande escala.

Os dados climáticos vigentes durante o experimento (maio 1996 a junho 1997) foram coletados na Estação Meteorológica de Piratini (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados meteorológicos do município de Piratini durante o período de maio 1996 a junho de 1997.

Meses	Temperatura (°C)				Precipitação total (mm)	Dias de chuva (nº)
	Max.	Min.	Média	Min. Absoluta		
Mai/96	22,03	2,68	12,35	-5,00	9,7	2
Jun/96	20,70	2,43	11,57	-8,00	96,6	6
Jul/96	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5,7	2
Ago/96	21,03	6,06	13,60	-2,00	171,2	9
Set/96	19,03	8,17	13,60	-3,00	80,1	8
Out/96	24,52	12,90	18,71	5,00	171,0	10
Nov/96	26,69	12,13	19,41	6,00	79,0	5
Dez/96	29,03	16,42	22,73	9,00	67,0	6
Jan/97	31,90	17,55	24,73	11,00	61,4	6
Fev/97	27,50	16,50	22,00	11,00	304,5	6
Mar/97	28,10	13,23	20,66	4,00	31,0	1
Abr/97	26,30	10,23	18,27	3,00	35,5	4
Mai/97	22,45	9,21	16,14	-3,00	166,1	3
Jun/97	15,50	5,73	10,62	-3,00	143,7	9

n.d.= não disponível

Fonte: Estação Meteorológica de Piratini, localizada na Escola Municipal Agropecuária de Ensino Fundamental Alair Tarouco.

Latitude: 31°25'49"S Longitude: 53°06'26"W Altitude: 321m ANM.

3.1.4 Solos

Geologicamente, a Serra do Sudeste é a região mais antiga do Estado. Existe grande diversidade de tipos de solo, na maioria pobres. Nas áreas experimentais os solos foram classificados por Cunha et al. (1998) conforme proposta de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Embrapa, 2003, como:

- Área 1: Argissolo Bruno-acinzentado Ta Alumínico Eutrófico abruptico. Pela “Soil Taxonomy” é Mollic Hapludalf.
- Área 2: Argissolo Bruno-acinzentado Ta Alumínico Álico abruptico. Pela “Soil Taxonomy” é Typic Kanhaplohumult. Este solo tem maiores quantidades de “cascalho”. São solos rasos e com afloramentos rochosos: 10 a 15%, segundo levantamentos nas áreas experimentais.

3.1.5 Vegetação

As áreas experimentais são constituídas de campo natural sobre solo não perturbado (virgem). A Área 1 possui vegetação campestre/mata (campo com mata esparsa) e a Área 2 possui vegetação campestre/mata (campo com invasoras esparsas) (CUNHA et al., 1998).

A partir de um levantamento florístico, realizado por Reis et al. (2008) nas mesmas áreas do presente estudo, foi observado que ambas as áreas apresentavam quantidades similares do mesmo grupo de espécies na vegetação natural, havendo predominância de gramíneas de estação quente sobre as demais espécies. Este grupo apresentou cerca de 70% das espécies componentes da vegetação, nas duas áreas estudadas. A segunda maior participação foi a do grupo das folhas largas, perfazendo mais de 20% da composição florística das Áreas 1 e 2.

No grupo gramíneas de estação quente, as espécies predominantes foram *Paspalum notatum* (grama-forquilha) e *Axonopus affinis* (grama-tapete), entretanto, outras espécies, tais como *Paspalum* spp. e até *Pennisetum clandestinum* (quicuí) foram observadas embora em menor escala. O quicuí foi mais presente em manchas na Área 2. Como principal representante das leguminosas de estação quente observou-se o *Desmodium incanum* (pega-pega), espécie que é bastante reconhecida pela importante representatividade na flora da Serra do Sudeste e do

Rio Grande do Sul. Leguminosas do gênero *Stylosanthes* sp. apareceram com menos frequência.

Como principais representantes de gramíneas de estação fria foram observadas *Piptochaetium montevidense* (cabelo-de-porco), *Stipa* sp. (flexilha) e *Vulpia* sp. (vulpia). A leguminosa de estação fria predominante nas áreas experimentais foi *Trifolium polymorphum*, e com baixa participação foi observado *Trifolium campestre*.

Não foram consideradas na avaliação da composição florística, o grupo de espécies arbustivas e cespitosas muito comuns nesta região, e que ocupavam os estratos médio e superior. Correspondiam de 35 a 50% da área coberta de solo, dependendo das estações do ano. As principais espécies foram: *Daphnopsis racemosa* (embira), *Campomanesia aurea* (araçazinho-do-campo), *Baccharis trimera* (carqueja), *Eupatorium buniifolium* (chirca), *Sida rhombifolia* (guanxuma), *Senecio heterotricus* e *brasilienses* (maria-mole), *Erianthus* (sin. *Sacharum*) *angustifolius* (macega-estaladeira), *Schizachyrium microstachyum* (cola-de-zorro). Também não foram enquadradas no grupo avaliado as espécies espinhosas disseminadas na região, representadas por *Gleditschia amorphoides* (espinilho), *Eryngium horridum* (caraguatá), gravatazinho, quina, mólho, *Berberis laurina* (espinho-de-São João), *Chuquiragua spinecens* (espinho-de-Santo Antônio), *Centaura tweediei* (espinho-de-cruz), entre outros, como o joá (juá) da família Solanácea, de menor expressão, que compõem os estratos médio e superior da comunidade vegetal do campo natural característico da região.

3.1.6 Áreas experimentais

As Áreas 1 e 2 possuem 12,64 ha e 10,56 ha de área total, respectivamente. A localização foi realizada com GPS de navegação. A partir dos dados levantados no local, usando coordenadas locais, gerou-se imagens que foram inseridas no Sistema de Informações Geográficas, em uso na Embrapa Clima Temperado. O procedimento possibilitou a geração da Figura 3 (Área 1) e da Figura 4 (Área 2), onde mostra-se o formato das áreas experimentais, disposição e acidentes geográficos, aguadas e gradiente de desnível, bem como os pontos de coletas de amostras.

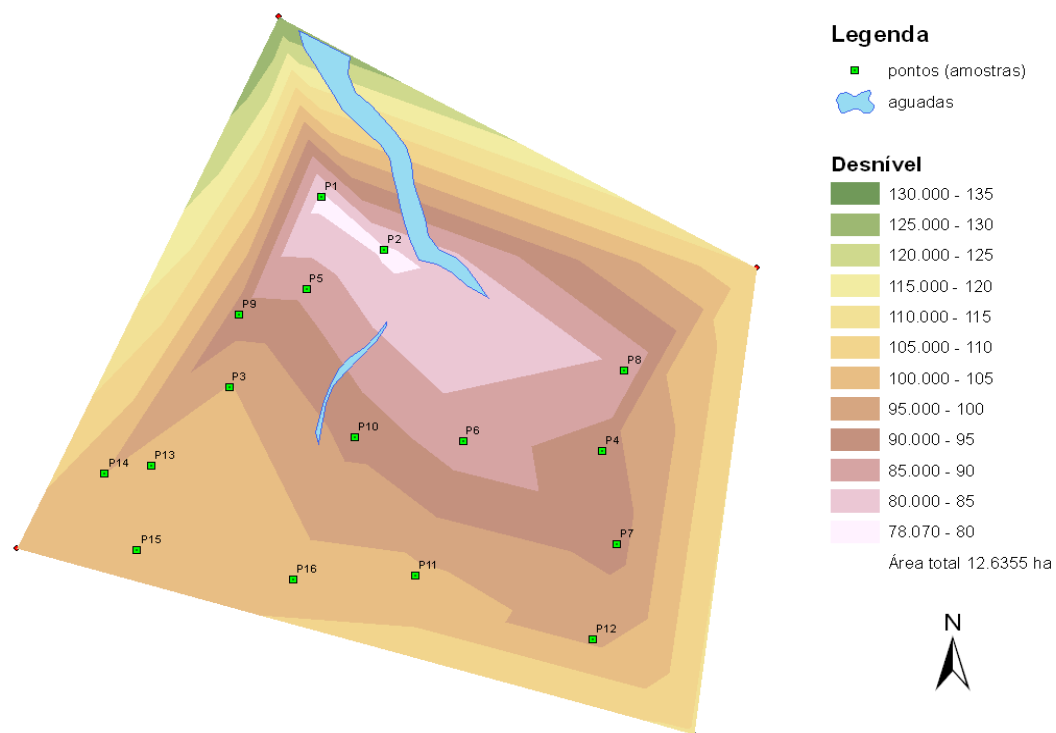


Figura 3 - Croquis da Área 1 (Fazenda Esperança) com a localização dos pontos amostrais.

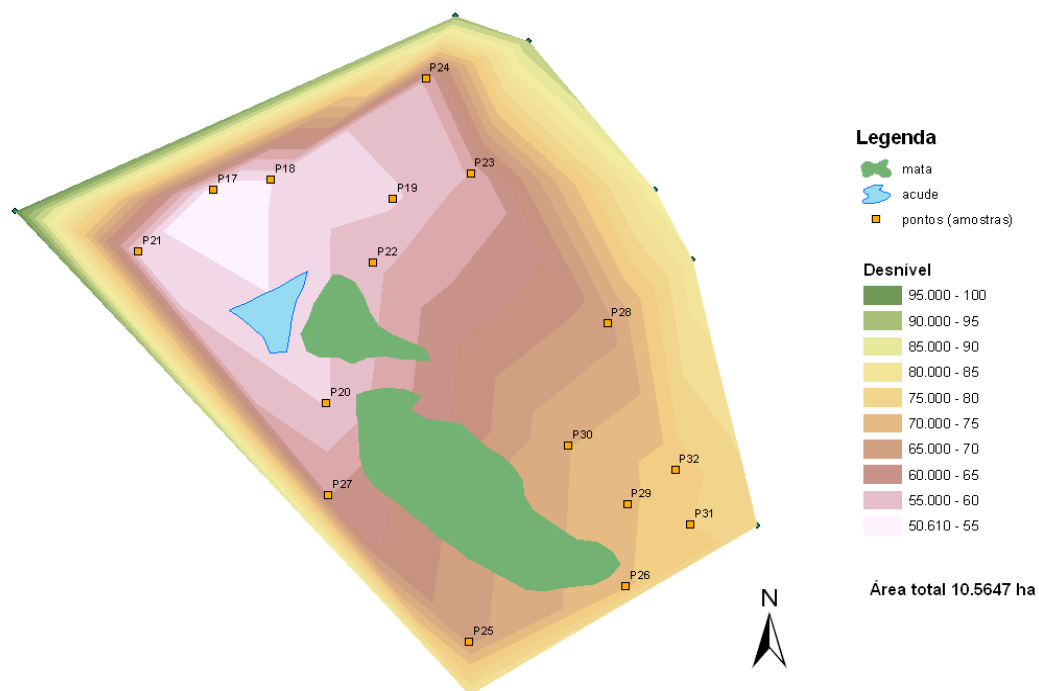


Figura 4 - Croquis da Área 2 (Fazenda São Thomaz) com a localização dos pontos amostrais.

3.2 Condução do experimento

As coletas de amostras dos animais foram realizadas nas mesmas datas, com intervalo mensal, durante o período de um ano, entre julho de 1996 a junho de 1997 (Apêndice 1).

3.2.1 Animais experimentais e manejo

As duas áreas de campo natural foram submetidas a regime de pastejo contínuo, com manejo diferenciado no período pré-experimental: Área 1 – pastejo normal (0,65 UA/ha); Área 2 – superpastejo (>2,0 UA/ha), procurando reproduzir situações de superlotação comumente encontradas na região, quando os campos entram no inverno com baixa oferta de forragem. A unidade animal (UA) utilizada foi 500 kg de peso vivo. No início do período experimental (junho/96) a Área 1 apresentava disponibilidade de forragem estimada de 768 kg/ha de MS enquanto que na Área 2 o volume era de 360 kg/ha de MS.

Durante o período experimental o método de pastejo utilizado foi o contínuo com o uso da técnica “botar-e-tirar”, para o ajuste da lotação. Em cada área foram mantidos doze animais durante todo o período experimental. Os grupos de animais eram constituídos por novilhas de cruzamento indefinido (*Bos taurus/indicus*), possuindo pesos médios, no início do experimento, de 190,92 kg na Área 1 e de 170,50 kg na Área 2.

Os ajustes na carga animal foram realizados mantendo-se a lotação média de 0,4 UA/ha no inverno, e 0,60 UA/ha na primavera/verão/outono, através de animais reguladores.

Os animais experimentais permaneceram nos potreiros durante todo o período experimental e não receberam suplemento mineral. O manejo sanitário (banhos carrapaticidas, vacinações profiláticas, everminações etc.) foi realizado conforme o critério utilizado com os animais alocados em áreas limítrofes à experimental.

3.2.2 Coleta e análise das amostras de solo, vegetação e soro sanguíneo

Em cada área foram estabelecidos 16 pontos fixos, os quais foram demarcados por estacas numeradas, em locais estrategicamente determinados de acordo com a topografia do terreno (Figuras 3 e 4). Nos pontos foram coletados solo e vegetação, com o intuito de obter uma maior representatividade das áreas experimentais nas determinações, os pontos foram dispostos da seguinte forma representando os níveis topográficos (Figura 5):

- Quatro estacas na área baixa (Ponto 1);
- Quatro estacas na meia encosta baixa (Ponto 2);
- Quatro estacas na meia encosta alta (Ponto 3);
- Quatro estacas na área alta (Ponto 4).

As coletas foram realizadas ao redor de cada ponto fixo, num raio de 25m, totalizando 16 sub-amostras, ou seja, uma amostra por nível topográfico composta por quatro sub-amostras.



Figura 5 - Esquema de amostragem utilizado nas áreas experimentais.

As análises dos teores de minerais (macro e micro) nos solos, tecidos de plantas e soro sanguíneo dos animais, foram processadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

3.2.2.1 Solo

As amostras de solo foram coletadas de 0 a 20 cm de profundidade, com trado inoxidável, para evitar contaminação. Foram analisados os teores de argila, matéria orgânica, pH, e os teores de macro e microminerais, segundo os métodos propostos por Tedesco; Volkweiss; Bohnen (1985).

3.2.2.2 Vegetação

A forragem foi cortada com tesourão especialmente preparado, para evitar contaminação, a uma altura de corte (1,5 cm) acima do nível do solo, de forma que fosse o mais condizente possível com o pastejo dos animais. Foram desconsideradas plantas desprezadas pelos animais ou que são consumidas em pequenas quantidades, representando, desta maneira, a seletividade do pastejo.

Nas forragens foram analisados os macro e microminerais (TEDESCO; VOLKWEISS; BOHNEN, 1985).

3.2.2.3 Sangue

As amostras foram coletadas mensalmente, através de punção da veia jugular dos animais e processadas, posteriormente, para a obtenção de soro sanguíneo, considerando as premissas ditadas por Dayrell et al. (1973), para a coleta e processamento das amostras.

No sangue dos animais foram analisados os mesmos minerais do tecido vegetal. As amostras foram processadas e analisadas de acordo com Fick et al. (1980).

3.3 Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental utilizado foi o completo casualizado em esquema fatorial com dois fatores, Áreas (A) e Épocas (B). Os fatores A e B constaram de dois e doze níveis, respectivamente.

As análises estatísticas foram processadas segundo os seguintes procedimentos:

Análise da variação separada para cada uma das duas áreas:

Inicialmente, foi efetuada a análise da variação para os testes de significâncias dos efeitos referentes a mês e ponto de coleta. A análise da variação dos valores observados de cada uma das variáveis respostas fundamentou-se no modelo estatístico com a seguinte equação:

$$y_{ijk} = m + p_j + a_i + e_{ij}$$

onde:

m : média populacional esperada;

p_j : efeito aleatório do ponto de coleta j , $j=1,2,3,4$;

a_i : efeito esperado do mês i , $i=1,2,\dots,12$; e

e_{ij} : interação dos efeitos do ponto j e mês i .

Análise da variação para o conjunto das duas áreas:

Preliminarmente, foi efetuada a análise da variação dos valores observados das variáveis respostas para o conjunto das duas áreas para os testes de significâncias dos efeitos principais de área e mês e interação área x mês. Esta análise baseou-se no modelo estatístico com a seguinte equação postulada para o valor observado da variável resposta no ponto de coleta j da área i no mês k :

$$y_{ijk} = m + a_i + m_k + (am)_{ik} + p_{j(i)} + e_{ijk},$$

onde:

m : média populacional esperada;

a_i : efeito esperado (fixo) da área i , $i=1,2$;

m_k : efeito esperado (fixo) do mês k , $k=1,2,\dots,12$;

$(am)_{ik}$: efeito esperado (fixo) da interação da área i com o mês k ;

$p_{j(i)}$: efeito aleatório do ponto de coleta j dentro da área i , $j=1,2,3,4$; $i=1,2$; e

$e_{ij}=(pm)_{jk(i)}$: interação dos efeitos do ponto j e mês k dentro da área i .

A discriminação da variação atribuível a meses para cada variável resposta foi procedida segundo a indicação dos resultados dessa análise:

Para as variáveis respostas para as quais um dos efeitos de área e interação área x mês foi significativo procedeu-se a discriminação da variação entre meses global para as duas áreas;

Para as variáveis respostas para as quais ambos os efeitos de área e interação área x mês não foram significativos foi procedida a discriminação da

variação entre meses separadamente para cada uma das duas áreas, e interação área x mês.

Discriminação da variação entre os meses:

O estudo da variação dos valores observados de cada uma das variáveis respostas entre os 12 meses foi procedido através de análise de regressão periódica (análise harmônica), com o ajustamento de uma função (curva) periódica expressa pela seguinte equação para o valor esperado da média da variável resposta no i -ésimo mês:

$$E(Y_i) = a_0 + a_1 \sin(30^\circ i + A_1) + a_2 \sin(60^\circ i + A_2) + \dots + a_k \sin(30^\circ k i + A_k) + a_5 \sin(150^\circ i + A_5) + a_6 \sin(180^\circ i + A_6), \quad i = 1, 2, \dots, 12 \text{ (mês)}.$$

Os termos dessa equação são denominados *componentes harmônicos*. O termo $a_k \sin(30^\circ k i + A_k)$ é designado *harmônica de ordem k* e corresponde a uma *onda senoidal* de período igual a $12/k$ meses, *amplitude* a_k e *fase* A_k .

Esta equação é não linear nos parâmetros $a_1, a_2, \dots, a_6$ e $A_1, A_2, \dots, A_6$. Entretanto, ela pode ser linearizada para a forma:

$$E(Y_i) = p_0 + p_1 \cos(30^\circ i) + q_1 \sin(30^\circ i) + p_2 \cos(60^\circ i) + q_2 \sin(60^\circ i) + \dots + p_k \cos(30^\circ k i) + q_k \sin(30^\circ k i) + \dots + p_5 \cos(150^\circ i) + q_5 \sin(150^\circ i) + p_6 \sin(180^\circ i), \quad l=1,2,\dots,12,$$

onde:

$$a_k^2 = p_k^2 + q_k^2; \quad A_k = \arctan p_k/q_k, \quad k = 1, 2, \dots, 5,$$

sendo o quadrante do arco A_k determinado pelos sinais do seno e do cosseno (ou seja, sinais de p_k e de q_k); e $a_6 = |p_6|$; $A_6 = 90^\circ$ ou 270° , conforme p_6 seja positivo ou negativo.

A variação das respostas entre os 12 meses (épocas) com 11 graus de liberdade pode ser decomposta em 6 componentes correspondentes às 6 *ondas senoidais* $a_k \sin(30^\circ k i + A_k)$. A soma de quadrados referente à variação entre meses é expressa em função das amplitudes das ondas senoidais como segue:

$$SQ_{\text{Mês}} = 6a_1^2 + 6a_2^2 + 6a_3^2 + 6a_4^2 + 6a_5^2 + 12a_6^2,$$

correspondendo 2 graus de liberdade a cada um dos 5 primeiros componentes ($6a_k^2$, $k=1,2,\dots,5$) e 1 grau de liberdade ao último ($12a_6^2$). Esses seis componentes exprimem as tendências de variação:

- anual (período de 12 meses) com 2 graus de liberdade,
- semestral (período de 6 meses) com 2 graus de liberdade,
- quadrimestral (período de 4 meses) com 2 graus de liberdade,
- trimestral (período de 3 meses) com 2 graus de liberdade,

- bimestral (período de 2 meses) com 2 graus de liberdade e
- mensal (período de 1 mês) com 1 grau de liberdade.

Em se tratando de uma equação de regressão linear, o ajustamento da equação de regressão periódica foi ajustada através da análise da regressão linear, procedendo-se os testes de significâncias pela estatística F, através da análise da variação.

Adotou-se como critério para a escolha da função (curva) periódica (harmônica) apropriada para expressar a variação de uma variável resposta ao longo dos doze meses a forma esperada para a variável resposta, segundo o conhecimento teórico existente e a indicação da literatura. De modo geral, segundo indicação da literatura, a forma esperada para todas as variáveis respostas compreende período anual ou uma composição de períodos anual e semestral, ou seja, harmônica de ordem um ou a composição das harmônicas de ordens 1 e 2 (resposta com variação de período menor que semestral parece não ser razoável).

Procedeu-se, então, aos ajustamentos das tendências anuais e semestrais (ou seja, composição de tendências anual e semestral) para cada uma das variáveis respostas, com a decomposição da variação entre os 12 meses, com 11 graus de liberdade, em três componentes: componente periódico anual, com 2 graus de liberdade, que compreende os termos $C_1=p_1\cos(30^\circ i)$ e $S_1=q_1\sin(30^\circ i)$, componente periódico semestral, com 2 graus de liberdade, que compreende os termos $C_2=p_2\cos(60^\circ i)$ e $S_2=q_2\sin(60^\circ i)$, e desvio da regressão em relação aos componentes periódicos anual e semestral, com 7 graus de liberdade.

Então, foi adotado o seguinte procedimento para decisão referente a forma da função (curva) a ajustar (Tabela 2).

Tabela 2 – Procedimento para decisão referente a forma da função (curva) a ajustar

Prob. > F			Decisão
C1 ou S1	C2 ou S2	Desvio	
< 0,05	< 0,05	> 0,05	Ajustar função periódica composta anual e semestral
< 0,05	< 0,05	< 0,05	Ajustar função periódica composta anual e semestral (?)
< 0,05	> 0,05	> 0,05	Ajustar função periódica semestral
< 0,05	> 0,05	< 0,05	Ajustar função periódica semestral (?)
> 0,05	< 0,05	> 0,05	Ajustar função periódica anual
> 0,05	< 0,05	< 0,05	Ajustar função periódica anual (?)
> 0,05	> 0,05	> 0,05	Não ajustar função periódica
> 0,05	> 0,05	< 0,05	Não ajustar função periódica

A interrogação significa indicação de presença de componente sistemático no desvio da regressão, que não é levado em conta pelos componentes periódicos anual e semestral. Explicações possíveis, entre outras: ocorrência de algum evento ambiental atípico ou inadequação do modelo periódico para explicação da variação da resposta ao longo dos meses.

Os resultados das análises separadas para cada uma das duas áreas podem ser apresentados de modo abreviado em uma tabela como a que segue:

Tabela 3- Análise de variação com decomposições da mudança da percentagem de argila no solo entre os doze meses nos componentes que exprimem a tendência anual e a tendência semestral e respectivos desvios de regressão, e testes de significâncias, separadamente para cada uma das duas áreas

Fonte de variação	GL	Área 1		Área 2	
		QM	Prob,>F	QM	Prob,>F
Ponto	3	11,9097	0,0185	11,8542	0,0079
Mês	11	14,6117	0,0003	14,2330	<,0001
Anual	S1	1	44,4909	7,7343	0,0901
	C1	1	6,7442	1,8938	0,3937
Desvio	9	12,1660	0,0018	16,3261	<,0001
Semestral	S2	1	5,2812	5,2812	0,2013
	C2	1	5,5104	5,5104	0,1920
Desvio	7	14,1004	0,0012	14,1004	0,0012
Erro	33	3,1067		3,1067	
Média:		14,35			
CV (%):		12,3			

Foram determinadas as correlações lineares simples entre Mg e cada uma das demais variáveis referentes ao solo, à planta e ao animal, e entre Mg no solo, na planta e no animal, com ajustamentos para os efeitos de área e época. A unidade de informação para as correlações entre variáveis do solo e da planta foi o ponto de coleta e para as correlações entre variáveis do animal, o animal individual; para as correlações entre Mg no animal, no solo e na planta a unidade de informação foi a média das observações em cada combinação de área e época.

As análises foram processadas no SAS – Statistical Analysis System.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Magnésio no solo

São apresentados os valores médios mensais para o teor de Magnésio (Mg) no solo da área 1 e 2 (Figura 6). É possível observar que o teor de Mg varia significativamente ($P < 0,0017$; $P < 0,0001$) em ambas as áreas. Embora as curvas anuais dos teores de Mg nas duas áreas não tenham sido exatamente iguais, apresentam um traçado muito semelhante. As médias dos teores de Mg no solo foram de $1,8104 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e $1,902 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente para área 1 e 2. Os teores de Mg no solo das duas áreas podem ser considerados altos, pois conforme o MAC – RS/SC (2004) teores de Mg superiores a $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ são considerados altos.

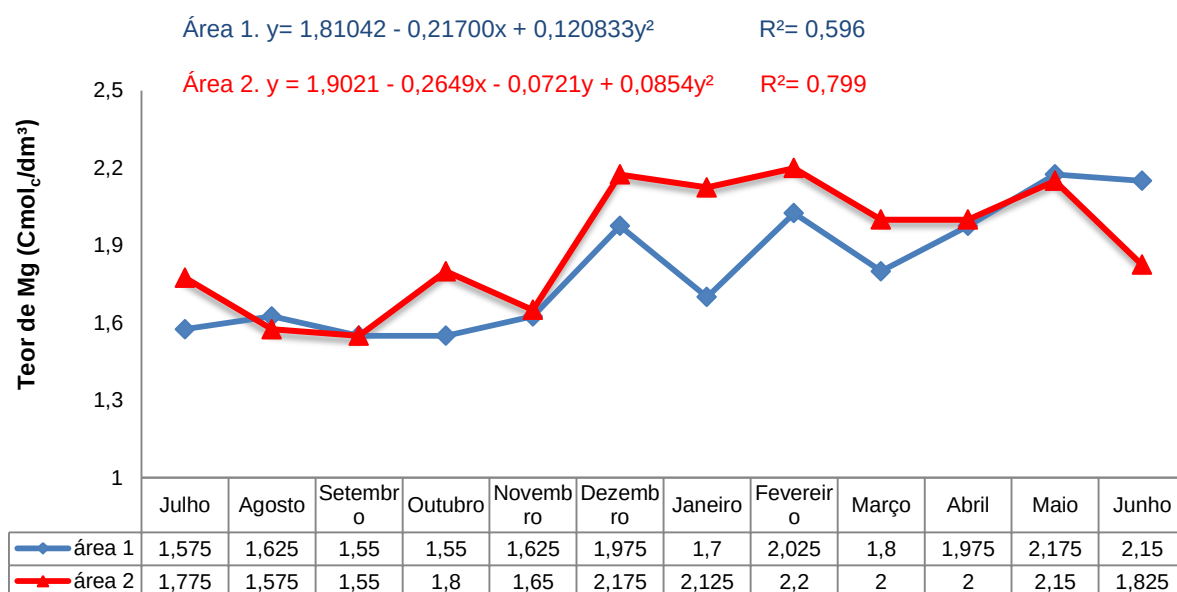


Figura 6 - Gráfico das médias mensais observadas do teor de Magnésio no solo da área 1 e área 2, Piratini – RS, 1996-1997.

No presente estudo foram constatados teores superiores de Mg entre os meses de dezembro e junho e valores inferiores nos meses referentes ao inverno nas duas áreas. Houve uma leve queda no teor de Mg no mês de março, essa variação pode ser explicada devido ao mês anterior (fevereiro), em que ocorreu o maior volume de precipitação pluviométrica e, pela declividade do terreno da área, ocorrendo lixiviação e refletindo no mês seguinte. Tokarnia; Döbereiner; Peixoto (2000) relatam que as deficiências minerais estão relacionadas com as áreas

geográficas, assim, conforme Dantas; Negrão (2010) quando a área possui um declive acentuado, ocorre o processo de lixiviação de nutrientes do solo. Além disso, parte do Mg se torna disponível à medida que os minerais são intemperizados, este, como é um processo lento, pode influenciar no teor do Mg no solo (BENITES et al., 2010; FAQUIN, 2005), principalmente com o aumento da pluviosidade.

Outro declínio aconteceu em janeiro, fato explicado devido a alta temperatura recorrente neste mês, junto com a baixa pluviosidade nos meses antecedentes (Tabela 1) afetando os microrganismos do solo e a matéria orgânica e, conseqüentemente, diminuindo a concentração e disponibilidade do Mg. Conforme Reis (2005), precipitações baixas e altas temperaturas causam ressecamento no solo a ponto de diminuir de forma drástica a atividade microbiana.

Foi observado um valor de coeficiente de determinação (R^2) considerado médio, indicando apenas um ajuste regular de modelo aos dados observados. Esse resultado é explicado devido a alta variabilidade do solo, pois os componentes do solo variam em pequenas distâncias, principalmente, devido a declividade presente em cada área. Corroborando, Mosali et al. (2007) afirma que a variabilidade espacial dos nutrientes do solo é conhecida a distâncias inferiores a 1m.

Senger et al. (1996) estudando os teores de minerais no solos do RS, em 11 Unidades de Mapeamento da região encontrou teores médios de Mg superiores ao deste estudo, com médias de $2,89 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Entretanto, esses autores encontraram oscilações entre 3,5 e $17,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, nas distintas áreas, contribuindo com o fato de que os solos apresentam variações nas concentrações de Mg conforme as áreas geográficas. Alfaya et al. (1998) em contrapartida ao presente estudo, não encontraram variação significativa nos teores de Mg no solo ao longo do ano em três áreas no município de Bagé – RS, os teores médios de Mg encontrados em cada área foram 2,4 e $2,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (altos) e $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (médio), com variação significativas entre si.

Sousa et al. (1987) estudando deficiências de minerais em campo nativo no estado de Roraima, constataram concentrações de Mg nas épocas seca de $2,14 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e chuvosa de $0,333 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, relatando serem baixos os níveis desse elemento no solo conforme a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais de 1978. Veloso et al. (2001) com experimento em casa de vegetação utilizando cultura de milho constataram teores ótimos de Mg que propiciaram produções máximas de $1,80 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

4.2 Magnésio na planta

A variação dos teores anuais de Mg na vegetação de campo natural foi altamente significativa ($P < 0,0001$) nas duas áreas (Figura 7), assim como a interação mês x área ($P = 0,0063$) nas duas áreas, o que sugere que deve-se considerar a variação entre os meses para cada área individualmente, pois significa que as duas áreas apresentaram resposta desuniforme para o fator época. Isto porque há variação na concentração de espécies naturais nas duas áreas, devido a fatores climáticos, estrutura do terreno e, principalmente, pelo sobrepastejo realizado na área 2 (REIS et al., 2008). De qualquer forma, a tendência da dinâmica anual do Mg foi semelhante para as duas áreas. A média anual do teor de Mg na planta da área 1 foi de 0,2254% e na área 2 de 0,2306%. Estando dentro dos teores encontrados nas plantas na faixa de 0,2 a 0,4% (FAQUIN, 2005).

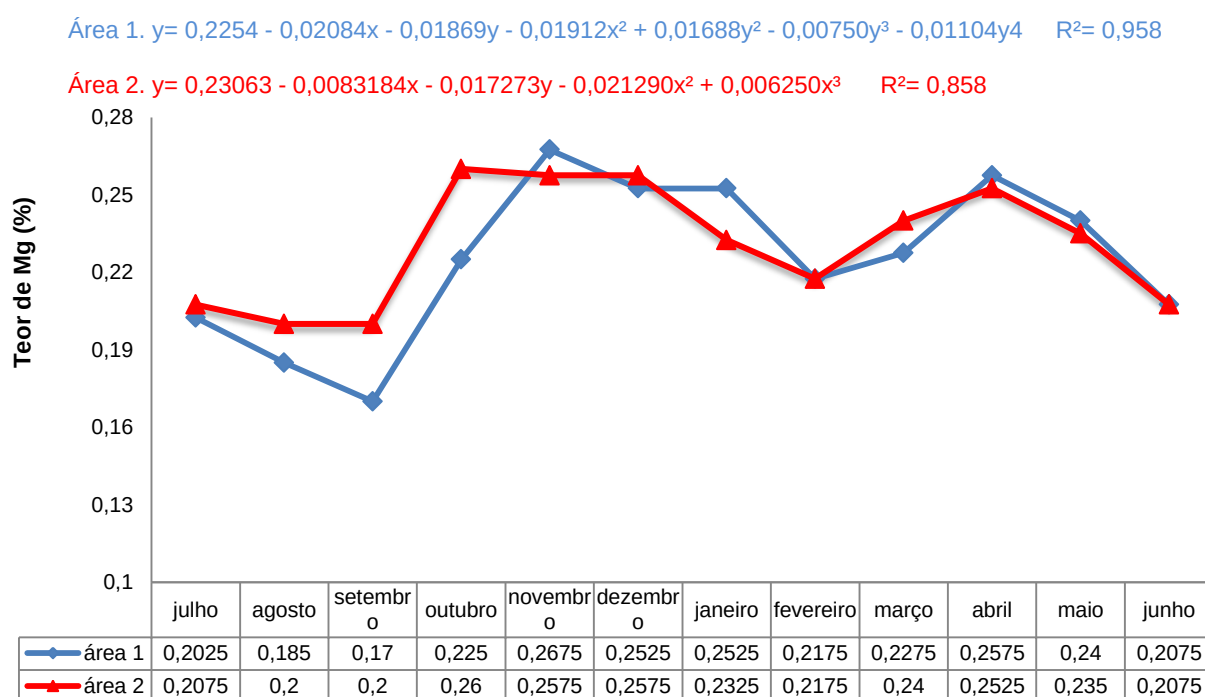


Figura 7 - Gráfico das médias mensais do teor de Mg na planta nas áreas 1 e 2, Piratini –RS, 1996-1997.

Estes teores são considerados como suficientes para a produção de forragem em áreas de campo natural, bem como para cobrir as necessidades de ovinos e bovinos mantidos em campo natural durante todo ano (ALFAYA et al., 1998; KHAN et al., 2010; NRC, 2000; WUNSCH et al., 2006).

Os maiores teores de Mg foram observados entre os meses de novembro e janeiro, os menores teores nos meses referentes ao final do inverno e início de primavera, principalmente em agosto e setembro. Este fato pode ser explicado pelo efeito da condição climática afetar o crescimento das pastagens e consequentemente o valor nutricional das mesmas, incluindo a concentração de minerais.

Além disso, a concentração de Mg na planta, segue conforme a concentração de Mg no solo, por ser a via de transferência/absorção desse elemento. Nesse sentido, a área 2 com maior concentração de Mg no solo favoreceu a maior absorção de Mg pela planta, encontrando teor médio maior na área 2. Dessa forma, conforme Faquin (2005), para o íon ser absorvido a primeira condição é que este deve estar em forma disponível e estar em contato com a superfície da raiz. Assim, havendo menor concentração desse íon no meio de cultura, ocorrerá menor absorção pelas plantas e vice-versa.

A pequena variação observada nos teores de Mg das pastagens no decorrer do ano parece concordar com a afirmação de Georgievskii; Annenkov; Samokhin (1982) e Underwood; Suttle (1999) de que as concentrações deste mineral decaem com a maturidade da planta, mas em menor proporção que as de outros minerais. Assim, os maiores teores de Mg seriam observados nas fases iniciais de crescimento das pastagens, que ocorrem no final da primavera e início de verão. A maioria dos elementos minerais apresentam maiores concentrações na primavera, quando as plantas nativas de ciclo estival estão em pleno desenvolvimento (BARCELLOS et al., 2003). Assim como os demais nutrientes, eles irão exercer funções específicas no metabolismo vegetal, favorecendo o crescimento das plantas (POZZA et al., 2001).

Estudando áreas de campo natural nos Campos de Cima da Serra do Rio Grande do Sul, Wunsch et al. (2006) observaram essa mesma variação para os teores de Mg, no entanto, no referido estudo, os teores de Mg foram inferiores aos dos obtidos no presente estudo, em torno de 0,0522% a 0,1769%, com média de 0,1015%. Os mesmos autores também referem haver um período maior com os menores valores de Mg durante o ano, entre abril e setembro.

A média encontrada por Senger et al. (1996) quanto aos teores de Mg foi de 0,11% na MS, variando entre 0,06 e 0,15%, sendo que 14,5% dos valores médios medidos nas pastagens situam-se abaixo desse valor, apresentando teores menores

no inverno, concordando com os resultados obtidos no presente trabalho. Heringer; Jacques (2002), avaliando pastagens naturais no RS, encontraram teores médios de 0,140% a 0,170% de Mg. Estas variações superiores observadas nos níveis de Mg no presente trabalho em relação aos outros autores, devem-se, provavelmente, a diferenças em relação às características dos solos e composição botânica de cada região.

Estudando três áreas com vegetação natural no município de Bagé, RS, ao longo de um ano, Alfaya et al. (1998) constataram maiores teores de Mg no período de primavera-verão diminuindo constantemente a partir de meados do verão até o inverno. Também observaram que a área de campos finos apresentou teores de Mg inferiores, quando comparados às áreas de campos mistos e de mata subtropical rala. Os autores explicam que este fato está ligado à diferença na composição botânica bem como interações que podem ocorrer entre elementos na cadeia solo-planta.

Khan et al. (2010) observaram níveis de Mg em amostras de forragem superiores ao presente trabalho, entre 0,321 e 0,344%, com variação significativa para os níveis de Mg encontrados em relação aos intervalos de crescimento das forragens. Já Skerman; Riveros (1982), avaliando a concentração de Mg na massa seca de 280 gramíneas forrageiras, verificaram uma variação de 0,04 a 0,9 %, tendo a média permanecido ao redor de 0,36 %.

4.3 Magnésio no soro de sangue dos animais

De acordo com a Figura 8, há variação significativa ($P < 0,0001$) nas duas áreas estudadas no teor mensal de Mg no soro do sangue dos animais. Com aumento constante no teor de julho a junho para as duas áreas. A média do teor de Mg no soro do sangue do animal foi de 3,04931 mg/100ml na área 1 e 3,0590 mg/100ml na área 2. Dessa forma, as duas áreas apresentaram uma curva semelhante nos níveis de Mg do soro do sangue dos animais. Estando dentro dos níveis considerados normais conforme González et al. (2002) em torno de 2,0 a 3,0 mg/100ml de Mg plasmático.

Esse aumento constante do teor de Mg no decorrer do ano pode ser explicado devido ao fato dos animais estarem em crescimento, havendo uma maior absorção e, concomitantemente, concentração de Mg nos animais. Os mesmos,

devido a fase de crescimento, conseguem consumir maior teor de matéria seca com o avançar da idade, e, conseqüentemente, consomem mais Mg, aumentando os níveis desse elemento no soro.

Área 1. $y = 22,5607 + 1,2204(\text{mês}) - 1,9271x + 1,0071x^2 - 0,3870y^2 - 0,7343x^3 + 1,2519y^3 - 0,5704x^4$ $R^2 = 0,995$

Área 2. $y = 24,1987 + 0,98332(\text{mês}) - 2,47560x - 0,60138y^2 + 1,03057y^3$ $R^2 = 0,991$

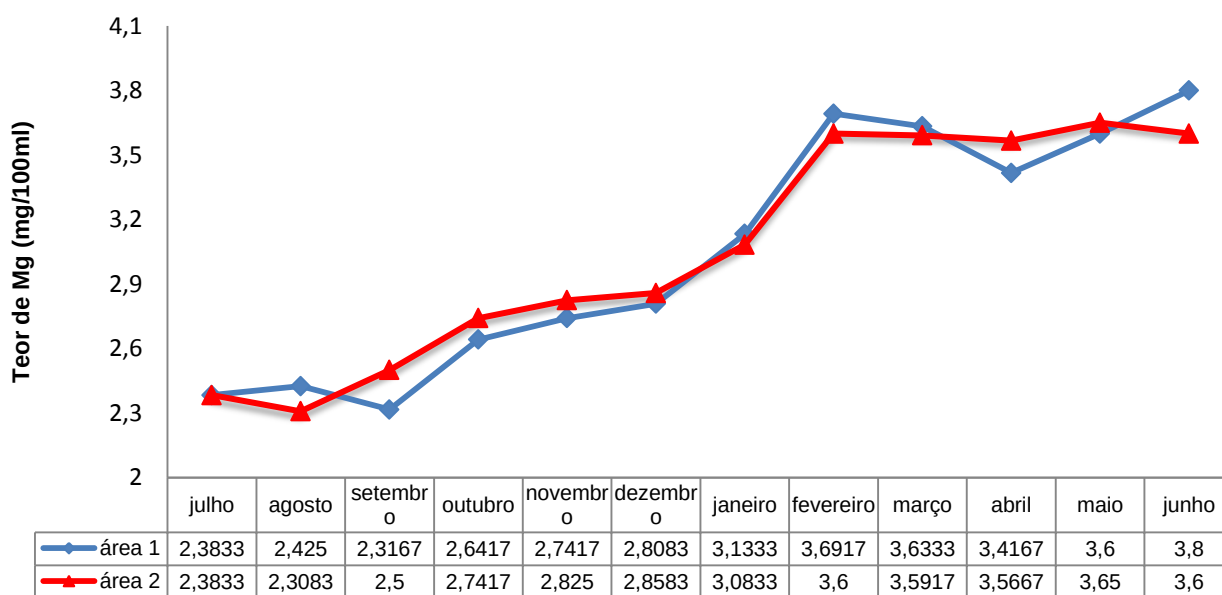


Figura 8 - Gráfico das médias mensais do teor de Mg no soro do sangue dos animais, Piratini –RS, 1996-1997.

De acordo com Miranda et al. (2006), a possível explicação para elevação dos níveis dos minerais com o aumento do peso corporal dos animais pode estar ligado a situação de que esses animais, apesar de pesados, são relativamente jovens e provavelmente tiveram certo desenvolvimento dos tecidos ósseo e muscular, os quais possuem maior concentração de minerais em relação ao tecido adiposo durante o período experimental.

Pellegrini et al. (2016) relataram médias de 2,3 mg/100ml de Mg no soro sanguíneo de vacas primíparas, conforme as estações do ano. Khan et al. (2010) encontraram níveis mais baixos de Mg no plasma em diferentes intervalos de amostragem entre 1,18 mg/100ml a 1,68 mg/100ml de Mg em comparação com os encontrados no presente estudo. Conforme esses autores esta diminuição nos níveis plasmáticos de Mg foi paralela à diminuição dos níveis desse elemento em forragens, indicando uma relação entre o Mg de forragens e as do plasma.

Em um estudo realizado em campo nativo por Pott et al. (1989) no Estado de Mato Grosso do Sul, avaliando os teores médios dos macrominerais em cinco unidades de paisagem, não foi encontrado diferença significativa entre os teores de Mg no soro nos meses estudados, considerados normais nas quatro épocas, sendo levado em consideração os níveis normais de 1,8 a 3,2 mg/100 ml de soro conforme Conrad; Sousa (1976), referidos por esses autores. A maioria das amostras (100% em maio e 88% em agosto) apresentou de 2,0 a 3,5 mg de Mg/ 100 ml de soro.

Os níveis obtidos no estudo de Sousa et al. (1987) encontram-se dentro dos padrões de normalidade, variando de 2,1 a 3,2 mg/100ml nas vacas em lactação e de 2,5 a 3,0 mg/100ml nos bovinos jovens, quando comparado com os referidos por Caneppele (2014), onde indicam que os níveis normais de Mg no soro sanguíneo de bovinos variam de 1,8 a 3,0 mg/100ml. Como não existe controle homeostático do Mg, pode-se dizer que as suas concentrações séricas refletem diretamente o nível da dieta (RODRIGUES et al., 2016). Assim, com base nos teores da pastagem (Figura 7) não seriam mesmo esperadas deficiências, considerando-se que a concentração de Mg no plasma sanguíneo só diminui quando a deficiência é severa (GONZÁLEZ et al., 2002; McDOWELL et al., 1983).

Ribeiro et al. (2003) avaliando o perfil metabólico de borregas Corriedale em campo nativo no RS, acharam níveis de Mg no soro sanguíneo no verão de 2,28 mg/100ml, apresentado o maior valor em comparação com as outras épocas do ano. Tendo menor valor que os relatados por outros autores, fato que pode ter um efeito negativo sobre o desenvolvimento das borregas, levando em conta o papel deste mineral como cofator enzimático, principalmente em reações energéticas.

Ao comparar os níveis de Mg nas pastagens com as exigências de bovinos de corte em crescimento e terminação, estimadas em 0,10% da matéria seca pelo NRC (1996), constata-se que a pastagem da região do experimento é capaz de suprir adequadamente estas categorias animais em todos os meses do ano. Entretanto, para vacas em lactação, verifica-se que a pastagem apresenta teores inferiores aos necessários nos meses de agosto e setembro. Dessa forma, nesse período a pastagem natural não é capaz de suprir adequadamente a categoria vacas em lactação, cuja exigência em Mg está estimada em 0,20% (NRC, 1996). Sendo necessária a suplementação desse elemento para essa categoria de animais.

Sousa et al. (1987) estudando seis regiões em Roraima, verificaram variações nas concentrações de Mg em pastagem natural de 0,063% a 0,242% na MS.

Considerados adequados para bovinos de corte em crescimento e terminação. Porém, apenas uma região, com 0,242%, apresentou teor adequado para suprir os requisitos de vacas de corte em lactação, ou seja, 0,20% de Mg na MS.

4.4 Relação do magnésio com variáveis climáticas na cadeia solo-planta-animal

Analisando as médias do teor de Mg na cadeia solo-planta-animal e a correlação da temperatura e da precipitação nos meses atuais e prévios (Tabela 4), observou-se que a temperatura do mês atual influenciou significativamente a variabilidade dos teores mensais de Mg na planta e no soro sanguíneo dos animais. Bem como a temperatura do mês prévio, no qual correlacionou significativamente e positivamente com o solo ($r=0,7833$), a planta ($r=0,6335$) e com o teor de Mg no soro de sangue dos animais ($r= 0,7147$). Temperaturas mais frias diminuíram o teor de Mg na planta. De forma semelhante, Cavalheiro; Trindade (1992) estudando 25 unidades de mapeamento de solos do RS, observaram valores médios de Mg em pastagem nativas de teores maiores na primavera e verão e menores no outono e inverno.

Tabela 4 - Médias do teor de Mg na cadeia solo-planta-animal e da temperatura e precipitação nos meses atual e prévio

Mês	Teor de Mg			Temperatura (°C)	Precipitação (mm)
	Solo (cmol _c /dm ³)	Planta (%)	Sangue (mg/100ml)	Mês atual	Mês atual
Jun/96	-	-	-	11,6	43,5
Jul/96	1,675	0,2025	2,3833	10,6	5,7
Ago/96	1,6	0,185	2,36665	13,6	171,2
Set/96	1,55	0,17	2,40835	13,6	80,1
Out/96	1,675	0,225	2,6917	18,7	171
Nov/96	1,6375	0,2675	2,78335	19,4	79
Dez/96	2,075	0,2525	2,8333	22,7	67
Jan/97	1,9125	0,2525	3,1083	24,7	61,4
Fev/97	2,1125	0,2175	3,64585	22	304,5
Mar/97	1,9	0,2275	3,6125	20,7	31
Abr/97	1,9875	0,2575	3,4917	18,3	35,5
Mai/97	2,1625	0,24	3,625	16,1	166,1
Jun/97	1,9875	0,2075	3,7	10,6	143,7
r solo				0,6420*	0,1679 ^{ns}
r planta				0,6697*	-0,2175 ^{ns}
r sangue				0,2508 ^{ns}	0,2919 ^{ns}

ns = não significativo

* = significativo a 5%

** = significativo a 1%

A variabilidade anual de Mg deve-se aos efeitos das condições climáticas, as quais podem afetar o valor nutricional da forragem de campo natural. Com efeito, na estação quente (primavera – verão) ocorre crescimento mais exuberante da vegetação do campo natural e, com isto, uma absorção maior de Mg pelas plantas, já na estação fria ocorre um menor crescimento da forragem e, conseqüentemente, uma menor extração de Mg do solo pelas plantas. Corroborando esta afirmativa, Cruz et al. (2010) encontraram valores do índice de vegetação de pastagem natural no sul do Brasil superiores a partir de setembro, o que caracteriza adequadamente o período de crescimento das gramíneas do verão, particularmente *Paspalum notatum*, *Andropogon lateralis*, *Axonopus affinis* e *Aristida spp.*, assim como valores inferiores no inverno, considerado o período mais crítico para a produção animal em pastagens nativas.

A temperatura do mês prévio teve alta influência no teor de Mg no sangue do animal. Porém, esse aumento, provavelmente, é conforme o crescimento do animal, pois não ocorre de baixar os níveis em temperaturas baixas e aumentar em temperaturas altas e vice-versa.

Não houve influência significativa da precipitação na cadeia solo-planta-animal. No entanto, esperavam-se dois efeitos contrários, o primeiro que o teor de Mg diminuísse nos meses com volume de precipitações mais elevados, pelo fato do Mg ser considerado móvel no solo e assim sofrer perda por lixiviação. O segundo efeito, que com o elevado volume da chuva esperava-se que a disponibilidade do Mg na solução do solo diminuísse (FAQUIN, 1995) e, conseqüentemente, reduzisse a concentração no elo seguinte (a planta), proporcionando menor teor desse elemento para os animais e ocorrendo menor absorção.

Conforme Tokarnia; Döbereiner; Peixoto (2000), as variações dos teores dos elementos nas amostras da pastagem são maiores que no material proveniente do animal. Além disso, há variação na mesma pastagem nas diferentes épocas do ano, variações essas que, relativamente à maioria dos elementos, são bastante grandes.

4.5 Correlações do magnésio na cadeia solo-planta-animal com outros minerais

O ponto de coleta dos materiais não influenciou ($P>0,05$) nos resultados de nenhum dos componentes avaliados. Na área 1 é possível observar influência significativa nos 3 elos, do Cálcio (Ca) e do Cobre (Cu). No solo houve interação do Mg com o Nitrogênio (N), Potássio (K), Zinco (Zn) e Manganês (Mn), e, no animal com o K, Sódio (Na) e Ferro (Fe) (Tabela 5). Já na área 2 foram observadas interações no solo com o K, Alumínio (Al), Ca e Enxofre (S); na planta houve interação somente com o K e, no animal com o Fósforo (F), K, Ca, Zn, Cu e Na (Tabela 5).

Tabela 5 - Correlações do Mg com os demais minerais em cada elo solo-planta-animal (áreas 1 e 2)

Variáveis	Área 1			Área 2		
	Solo	Planta	Animal	Solo	Planta	Animal
N	0,75103**	-0,06748 ^{ns}	x	0,20586 ^{ns}	0,02042 ^{ns}	x
P	0,18877 ^{ns}	0,21611 ^{ns}	0,07464 ^{ns}	0,20917 ^{ns}	0,00906 ^{ns}	0,45316**
K	0,42712**	-0,13678 ^{ns}	0,3734**	0,29741*	0,31695 ^{ns}	0,24239*
Al	-0,17683 ^{ns}	x	x	-0,38533*	x	x
Ca	0,92624**	0,53904**	0,45267**	0,82066**	0,1381 ^{ns}	0,70894**
S	0,22044 ^{ns}	-0,07645 ^{ns}	x	0,28759*	-0,04587 ^{ns}	x
Zn	0,47771**	-0,0597 ^{ns}	-0,00361 ^{ns}	0,2628 ^{ns}	-0,23449 ^{ns}	0,2079*
Cu	0,29891*	0,3208*	0,20517*	-0,08474 ^{ns}	0,00187 ^{ns}	-0,29151**
Mn	0,29421*	0,15836 ^{ns}	x	0,25499 ^{ns}	-0,24037 ^{ns}	x
Na	0,21586 ^{ns}	0,15401 ^{ns}	0,25049**	0,24995 ^{ns}	0,21931 ^{ns}	0,35129**
Fe	0,21509 ^{ns}	-0,1864 ^{ns}	0,26393**	-0,06718 ^{ns}	-0,26441 ^{ns}	0,14364 ^{ns}

X = análise não realizada

ns = não significativo

* = significativo a 5%

** = significativo a 1%

A matéria orgânica (MO) influenciou o teor de Mg presente no solo na área 1 ($r=0,80237$; $P<0,0001$) e na área 2 ($r=0,49939$; $P=0,0003$). Este fato está ligado a matéria orgânica ser responsável pela maior parte da capacidade de troca de cátions (CTC) e consequente disponibilidade de minerais aos solos (DIAS; NEVES; SILVEIRA, 2012; LOPES, 1998).

O pH da área 2 correlacionou positivamente com o Mg no solo ($r=0,31777$; $P=0,0003$). O Al apresentou correlação negativa com o Mg no solo em ambas as áreas, mas foi significativo apenas na área 2 (Tabela 5). O pH é um dos principais fatores que afetam o Al no solo, repercutindo nos teores de Mg. Em solos ácidos, considerando-se pH abaixo de 4, o elemento se encontra na forma Al^{3+} hidratado (MARSCHNER, 1986). Neste caso, o alumínio ocupa uma porção da CTC do solo, que poderia estar ocupada principalmente por Ca ou Mg (FERNANDES, 1989). Lopes; Guilherme (1992), indicam que quanto mais ácido é um solo (baixo pH), maior será o teor de Al trocável em valor absoluto e menores vão ser os teores de Ca, Mg e K, diminuindo a soma de bases e aumentando a percentagem de saturação por Al. Fernandes (1989) verificou que o aumento dos teores trocáveis de Ca e Mg ocorre de acordo com a elevação do pH $CaCl_2$. Neste sentido, com um pH adequado ($> 5,5$), o teor de Mg no solo aumenta e neutraliza a toxidez do Al. Além

do mais, a presença de Al debilita e reduz o crescimento das raízes, interferindo na absorção de nutrientes como P, Mg, Ca e K (FREITAS et al., 2006)

Houve correlação positiva e altamente significativa do Mg com o Ca no solo nas duas áreas e na planta na área 1. Este fato pode ser explicado devido as concentrações do Mg estarem em equilíbrio com o Ca, não havendo competição entre esses elementos pelos sítios de ligação, e sim, sinergismo. Conforme Orlando Filho et al. (1996) as propriedades químicas semelhantes do Mg e do Ca, como o raio iônico, valência e mobilidade, geram competição pelos sítios de adsorção no solo e na absorção pelas raízes. Colaborando com essa afirmação, Furtini Neto et al. (2001) inferem que é necessário ocorrer o equilíbrio entre os minerais, pelo fato da presença de uma determinada disponibilidade de nutrientes poder modificar e afetar o equilíbrio nutricional de outro.

Salvador; Carvalho; Lucchesi (2011) estudando alterações de macrominerais no cultivo de soja em casa de vegetação, observaram que quanto menor é a relação de Ca:Mg no solo, maior é a absorção de Mg pela planta. Os autores relatam que o desequilíbrio Ca:Mg no solo resultam em diminuição na produção de plantas, em função da deficiência de Mg. Bergmann (1992) menciona que a menor concentração de Ca em meio de cultura favorece a absorção de Mg, provavelmente diminuindo a inibição competitiva existente entre esses cátions

Medeiros et al. (2008) avaliando a relação Ca:Mg na absorção de Mg e K através da adição de corretivos pelas plantas de milho relatou que alta relação Ca:Mg inibem a absorção de Mg e K pelas plantas causando maior acúmulo de Ca pelas plantas. Conforme os autores, a preferência por Ca ocorreu porque a maior disponibilidade de Ca no solo provocou sua aproximação às raízes em maior quantidade sendo este, preferencial aos demais cátions estudados. Eles mencionam que o aumento da relação Ca:Mg no solo diminuiu a produção de matéria seca e altura de plantas no estágio inicial de desenvolvimento.

Assim como no solo e na planta, foi analisado correlação positiva entre o Mg e Ca no animal, ou seja, houve uma ação sinérgica entre os dois elementos. Pelo fato do Mg e Ca estarem equilibrados no solo, sendo absorvidos pelas plantas conforme suas exigências, pode-se dizer que esses nutrientes se encontram em níveis equilibrados nos animais, não havendo competição pelos sítios de absorção. Conforme Weglicki (2012), o Mg e o Ca formam complexos estáveis com os fosfolípidos que fazem parte das membranas celulares. Dependendo da

concentração de ambos, eles podem agir sinergicamente ou antagonicamente. Assim, o Mg é considerado "bloqueador natural do canal de cálcio".

De forma semelhante, ocorreu correlação positiva e significativa entre o Mg e K no solo nas duas áreas e na planta na área 2. Assim, pode-se dizer que as concentrações do Mg estavam em equilíbrio com o K. No entanto, pelo fato do Mg e K serem absorvidos pelos mesmos mecanismos na membrana celular, muitas vezes em desequilíbrio ocorre competição pelos sítios de absorção (MEDEIROS et al., 2008). Neste contexto, Fonseca; Meurer (1997) mediram a cinética de absorção de Mg por plântulas de milho e obtiveram inibição do Mg por cloreto de K na concentração de 0,3 mmol/L, apenas quando a concentração de Mg foi inferior a 0,72 mmol/L. De acordo com Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), só quando a ocorrência de Mg no solo for baixa sua absorção poderá ser inibida competitivamente pelo K. Isto porque, a alta concentração de K tem ação antagonista sobre absorção de Mg^{2+} , essa influência sobre a absorção do Mg advém da competição por compostos ligantes do metabolismo do vegetal (FAGERIA, 2001).

Neste sentido, no animal houve sinergismo entre o Mg e o K. Deficiências de Mg e K nos bovinos em pastejo têm sido pouco descritas nessas condições, em consequência dos níveis geralmente adequados destes elementos nas forrageiras. Níveis adequados de Mg e K foram encontrados por Agostini; Kaminski (1976) em pastagens nativas do Rio Grande do Sul. Bergmann (1992) acredita que plantas podem tolerar relativamente altas concentrações de K sem apresentar distúrbios. Porém, o K pode causar efeitos indiretos pela deficiência induzida de outros elementos, como o Ca e o Mg. Uma vez que o excesso de K (VALADARES FILHO et al., 2010), pode provocar uma redução na absorção de Mg pelo animal em nível de rúmen (ARAÚJO et al., 2010; GONZÁLEZ et al., 2002). Entretanto, segundo Greene; Webb; Fontenot (1983), essa depressão na absorção de Mg ocorre com níveis de K superiores a 2,25% do total da dieta.

Ademais, pelo fato dos dados apresentarem correlação positiva, pode-se afirmar que as concentrações do Mg, bem como do Mn, Zn, Cu e Fe estavam em equilíbrio no solo, na planta e no animal (exceto o Cu), pelo fato dos resultados apresentarem correlação positiva. Além dos elementos Ca e K, outros cátions também são competitivos pelos mesmos sítios de adsorção / absorção com o Mg, tais como Mn^{2+} e Al^{+3} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} (FERNANDES, 1989). Esses, quando em concentrações desequilibradas na cadeia solo-planta, podem acarretar um efeito

inibitório na absorção do Mg, refletindo-se numa menor absorção do nutriente pelas raízes e menor translocação do mesmo para a parte aérea das plantas (ORLANDO FILHO et al., 1996; VELOSO et al., 2001). Tal efeito no desequilíbrio nutricional resulta em diminuição no desenvolvimento vegetal (FOX; PIEKIELEK, 1984; ROSOLEM; MACHADO; BRINHOLI, 1984) e animal.

Em relação ao N ocorreu correlação positiva com o Mg. Analisando a produção de arroz sob dose de N e Mg, Choudhury; Khanif (2001), verificaram que o suprimento desses dois nutrientes promoveu aumento na absorção de Mg pelas plantas. Segundo Reis et al. (2005), o aumento na absorção do Mg, pode ser pelo fato do N promover melhor desenvolvimento radicular das plantas, propiciando maior absorção dos minerais pelas raízes. Corrêa (1996), avaliando o efeito de doses de N (42; 210 e 378 mg/ L) e de Mg (4,8 e 48 mg /L) em três cultivares de *Panicum maximum*, observou que somente quando o N foi fornecido em dose mais alta o suprimento de Mg apresentou efeito significativo na produção de massa seca da parte aérea e das raízes dos capins. Viana (2007) verificou que o aumento da concentração de Mg na parte aérea do trigo, resultante das doses de N, ocorreu devido ao incremento na produção, absorção e, conseqüente aumento na concentração deste nutriente no tecido vegetal. Já Andrade et al. (2000) demonstraram que a adubação nitrogenada interfere de forma negativa no teor de K, Ca e Mg em capins.

O S apresentou uma baixa correlação positiva com o Mg. O S está presente na forrageira como sulfato iônico inorgânico e numa variedade de compostos orgânicos. De acordo com Malavolta (1980), cátions acompanhantes como o Ca e Mg aumentam a absorção do sulfato, forma predominantemente absorvida pelas raízes. O que explica a interação positiva entre o Mg e o S.

A relação altamente significativa e positiva do P com o Mg observada nos animais na Área 2, foi um efeito esperado, pois o Mg atua como “carregador” do P na absorção pelo animal (ARAÚJO; MACHADO, 2006). Ainda mais que para haver antagonismo, deveria existir uma alta concentração de P nas forragens, o que não é de ocorrência.

Uma explicação pelo resultado de correlação negativa, na área 2, do Cu com o Mg, pode estar ligada com o fato de que a concentração de Cu é menor no início do crescimento das plantas, devido as pastagens com elevado teor proteína reduzirem a absorção de Cu (MENDONÇA Jr., 2011). Diferente do Mg que diminui o

seu teor conforme a maturidade da planta (UNDERWOOD; SUTTLE, 1999). No entanto, diverge com a área 1, que apesar de não significativo apresentou correlação positiva com o Mg.

4.6 Correlações da dinâmica do magnésio na cadeia solo-planta-animal

Houve correlação dos níveis de Mg no soro do sangue do animal com os outros minerais do elo solo e planta nas áreas 1 e 2 (Tabela 6). O Na no sistema solo teve uma correlação negativa altamente significativa com o Mg presente nos animais nas duas áreas. Os minerais do solo, como N, Mn e Fe correlacionaram positivamente com o teor de Mg no soro sanguíneo dos animais na área 1 e o Cu na área 2, porém, não houve influencia significativa desses minerais presentes nas plantas nos níveis encontrados nos animais. Nas plantas apenas o S da área 2 sofreu interação com o Mg no soro sanguíneo dos animais, sendo esta antagônica.

Conforme a Tabela 6, na cadeia solo-planta-animal a concentração de Mg no solo influencia os níveis desse elemento no animal, no entanto, os teores desse mineral na planta não foi significativo, ou seja, não houve correlação do Mg presente na planta nos níveis encontrados nos animais, tanto na área 1 como na área 2.

A matéria orgânica presente no solo em ambas as áreas influenciaram ($P < 0,0001$) o teor de Mg no soro do sangue animal, com valores de $r = 0,88841$ na área 1 e $r = 0,92528$ na área 2. Provavelmente, a correlação positiva do N e da MO com o Mg ocorreu porque os teores de MO relacionam-se positivamente com os de nitrogênio do solo. Assim, maiores teores de MO induzem a maiores teores de N. Maiores teores de N significa maior absorção de Mg pelas plantas (CHOUDHURY; KHANIF, 2001; CORRÊA 1996; VIANA, 2007). O não relacionamento planta-animal se deve, certamente, pelos altos teores de Mg encontrados na planta nas duas áreas relacionados ao aumento da absorção de Mg a medida em que os animais cresceram durante o período experimental. No entanto, houve interação entre o Mg e o N apenas na área 1.

Tabela 6 - Correlações do Mg no soro do sangue do animal com os minerais dos demais elementos (áreas 1 e 2)

Variáveis	Área 1		Área 2	
	solo	planta	solo	planta
N	0,75808**	-0,05027 ^{ns}	0,32043 ^{ns}	0,06005 ^{ns}
P	0,56903 ^{ns}	-0,31675 ^{ns}	0,49116 ^{ns}	-0,17264 ^{ns}
K	0,38751 ^{ns}	0,10579 ^{ns}	0,44933 ^{ns}	0,2965 ^{ns}
Al	-0,04203 ^{ns}	x	-0,15891 ^{ns}	x
Ca	0,38741 ^{ns}	-0,42666 ^{ns}	0,06925 ^{ns}	-0,55222 ^{ns}
Mg	0,83737**	0,35656 ^{ns}	0,68697*	0,25179 ^{ns}
S	-0,17438 ^{ns}	-0,59746*	-0,00902 ^{ns}	-0,48797 ^{ns}
Zn	0,05197 ^{ns}	-0,18466 ^{ns}	0,31432 ^{ns}	-0,19265 ^{ns}
Cu	0,48931 ^{ns}	0,1079 ^{ns}	0,6904*	0,08003 ^{ns}
Mn	0,76865**	-0,26894 ^{ns}	0,50956 ^{ns}	0,24592 ^{ns}
Na	-0,88114**	0,1443 ^{ns}	-0,83918**	-0,15147 ^{ns}
Fe	0,58767*	0,42144 ^{ns}	0,02508 ^{ns}	-0,5229 ^{ns}

X = análise não realizada

ns = não significativo

* = significativo a 5%

** = significativo a 1%

A correlação positiva do Mn e do Fe com o Mg, indica que esses minerais encontram-se em níveis adequados no solo, sem que haja antagonismo entre esses minerais. Na maioria das vezes, o efeito antagônico ocorre em relação ao valor do pH presente no solo, pelo fato do Mn e Fe apresentar maior quantidade em solos com pH abaixo de 5 e o Mg em solos com pH acima de 5,5 (Malavolta, 1976).

A correlação negativa do Na com o Mg, pode ser explicada pela maior velocidade na absorção do Na em comparação ao Mg (FAQUIN, 2005), ou seja, antes da absorção do Mg vai haver absorção do Na, podendo causar competição pelos sítios de absorção entre esses elementos, levando vantagem o Mg.

O S correlacionou negativamente com o Mg na área 2, enquanto na área 1 não houve significância estatística. Como mencionado anteriormente, o Mg aumenta a absorção do S por ser um cátion acompanhante (MALAVOLTA, 1980). No entanto, como a correlação foi negativa, provavelmente, pode-se inferir que esses minerais estavam em desequilíbrio.

5 CONCLUSÕES

Houve variação no teor de Mg ao longo do ano no solo, na planta e no animal.

O solo e a vegetação natural nas duas áreas da região apresentam teores adequados de Mg durante o ano todo, sendo menores no inverno e maiores no verão.

Os teores de Mg na vegetação do campo natural foram suficientes para suprir as exigências nutricionais de animais em pastejo.

Os teores de Mg no soro de sangue dos animais em pastejo encontram-se no limite de normalidade.

A dinâmica do Mg pela cadeia solo-planta-animal é influenciada pelos teores de outros minerais existentes em cada elo da cadeia solo-planta-animal, bem como pela temperatura.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, J.A.E.; KAMINSKI, J. Estudo preliminar das concentrações de nutrientes minerais de solos e pastagens naturais ocorrentes em diferentes regiões do Rio Grande do Sul. R. **Cent. Ciências Rurais**, v.6, n.4, p. 385-406, 1976.

ALFAYA, H.; EICHELBERGER, L.; DIAS, A.C.A.; REIS, J.C.L.; SIQUEIRA, O.J.W. de. Produção de matéria seca e nutrientes da pastagem natural no inverno e primavera na Encosta do Sudeste – Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997a. p. 304-306.

ALFAYA, H.; EICHELBERGER, L.; DIAS, A.C.A.; REIS, J.C.L.; SIQUEIRA, O.J.W. de. Desenvolvimento ponderal de novilhas em campo nativo no inverno e primavera na Encosta do Sudeste – Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997b. p. 307-309.

ALFAYA, H.; EICHELBERGER, L.; SILVA, J. B. da S.; PORTELLA, J. da S.; OLIVEIRA, O. L. P. Flutuação sazonal dos teores de potássio e magnésio no solo e na vegetação de áreas de campo natural não perturbado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais**. Botucatu: SBZ, 1998. v.2, p. 719-721.

ANDRADE, C.S.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V., V.H.; MARTINS, C.E.; SOUZA, D.P.H. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **R. Bras. Zootec.**, 29:1589-1595, 2000.

ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: IEG/FNP Consultoria e Comércio Ltda., 2017

ARAUJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. in: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBZ, 2006. p. 253-280.

ARAÚJO, W.A.G.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CARVALHO, T.A.; RIBEIRO NETO, A.C. Potássio na nutrição animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Artigo 117 v. 7, n. 4, p.1280-1291, 2010.

ARC - Agricultural Research Council. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.

BARBER, S.A. **Soil Nutrient Bioavailability - A Mechanistic Approach**. New York, J. Wiley. 1984. 398p.

BARCELLOS, J.O.J; WUNSCH, C.; PRATES, E.R.; OSPINA, H. **Suplementação mineral de bovinos de corte em ambientes subtropicais**. In: BARCELLOS, J.O.J. et al. Suplementação mineral de bovinos em regiões subtropicais. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p.19-51.

BENITES, V. de M.; CARVALHO, M.; RESENDE, A.V.; POLIDOR, J.C. **Potássio, cálcio e magnésio na agricultura brasileira**. In.: BENITES, V. de M.; CARVALHO, M.; RESENDE, A.V.; POLIDOR, J.C.; BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRAS, F.A. Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes. 2010, cap. 16, p. 1-71.

BERGMANN, W. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. **Gustav Fischer Publishing House Jena**, New York, 2.ed., p. 741, 1992.

BOLDRINI I.I. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V.D; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. p. 63-77. Editores. – Brasília: MMA, 2009. , 2009.

BOLDRINI, I.I.; LONGHI-WAGNER, H.M.; BOECHAT, S.C. **Morfologia e Taxonomia de Gramíneas sul-rio-grandenses**. Porto Alegre, 2005, 95p.

CANEPPELE, C. Magnésio: deficiência em bovinos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. 6p. Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2014/11/magnesio.pdf>> Acesso em: 02 fev., 2018.

CARVALHO, D.R. **Composição corporal e exigências nutricionais de macroelementos inorgânicos de bovinos**. 1989. 84 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFV, Viçosa, 1989.

CARVALHO, P.C. de F.; MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. Potencial produtivo do campo nativo no Rio Grande do Sul. In: PATIÑO, H.O. (Ed.). Suplementação de ruminantes em pastejo, **Anais**, Porto Alegre - RS. 1998.

CAVALHEIRO, A.C.L.; TRINDADE, D.S. Concentração de cálcio, magnésio, sódio e potássio em pastagens nativas do Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.21, n.3, p.418-428. 1992.

CAVALHEIRO, A.C.L.; TRINDADE, D.S. **Noções básicas para suplementação mineral de bovinos e ovinos em pastejo**. Porto Alegre: IPZFO, 1987. 32p. (Boletim técnico, 15).

CHOUDHURY, T.M.A.; KHANIF, Y.M. Evalution of effects of nitrogen and magnesium fertilization on rice yield and fertilizer nitrogen efficiency using ¹⁵N tracer technique. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, p. 855-871, 2001.

CORDEIRO, J.L.P.; HASENACK, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In.: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. **Campos Sulinos** - Conservação e uso sustentável da biodiversidade. p. 285 – 299. Editores. – Brasília: MMA, 2009.

CORRÊA, B.D. **Doses de nitrogênio e de magnésio afetando aspectos produtivos e bioquímicos dos capins Colonião, Tanzânia-1 e Vencedor**. Piracicaba, 1996. 76p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ/USP, Piracicaba, 1996.

CRUZ, P.; QUADROS, F.L.F.; THEAU, J.P.; FRIZZO, A.; JOUANY, C.; DURU, M.; CARVALHO, P.C.F. Leaf traits as functional descriptors of the intensity of continuous grazing in native grasslands in the south of Brazil. **Rangeland Ecology & Management**, v.63, p. 350-358. 2010.

CUNHA, N.G. da; SILVEIRA, R.J.C.; SEVERO, C.R.S.; NUNES, M.L., COSTA, F. A. da; SOARES, M.J.; COSTA, C. das N. **Estudos dos solos do município de Piratini**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1998. 91 p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 26).

DANTAS, C.C.O.; NEGRÃO, F.M. Funções e sintomas de deficiência dos minerais essenciais utilizados para suplementação dos bovinos de corte. **UNICIÊNCIAS**, v. 14, n. 2, 2010.

DAYRELL, M. de S.; LOPES, H.O. da S.; SAMPAIO, I.B.M.; DÖBEREINER, J. Fatores a serem considerados na interpretação de valores analíticos de fósforo

inorgânico no soro sangüíneo de bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Veterinária, Brasília, v. 8, n. 6 , p. 43-47, 1973.

DEON, M.D. **Crescimento e nutrição mineral da soja submetida a excesso de P,S,K, Ca e Mg em solução nutritiva**. 2007. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2007.

DIAS, H.L.C. Valor nutritivo das pastagens tropicais. Viçosa – MG, 1997.

DIAS, J.S.; NEVES, I.; SILVEIRA, V.H. Nutrientes – do que a planta precisa?. **Unifertil**, v.02, 2012

ENSMINGER, M.E.; OLDFIELD, J.E.; HEINEMANN, W.W. **Feeds & nutrition**. 2. ed. Clovis: The Ensminger Publishing, 1990. 1544 p.

FAGERIA, V. D. Nutrient interacions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, p.1269-1290, 2001.

FAQUIN, V. **Nutrição de plantas**. Lavras: Editora da UFLA, 2005. 183p.

FERNANDES, F.F. **Fatores relacionados à acidez de solos e sua influência no desenvolvimento e absorção de cálcio, magnésio, manganês e alumínio por feijão e milho**. 127p. 1989. Dissertação (Mestrado em solos) – UFRGS, Porto alegre, 1989.

FERREIRA, P.R. de F. **Disponibilidade e acúmulo de potássio, cálcio e magnésio em plantações de eucalipto em diversos sítios florestais**. 2008. 135f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – UFV, Viçosa, 2008.

FICK, R.K.; McDOWELL, L.R.; HOUSER, R.H. Current status of mineral research in Latin America. In: LATIN AMERICANS SYMPOSIUM ON MINERAL NUTRITION RESEARCH WITH GRAZING RUMINANTS, **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1978. P. 149-162.

FICK, R.K.; McDOWELL, L.R.; MILES, P.H.; WILKINSON, N.S.; CONRAD, J.H. **Métodos de análises de minerais em tecidos de animais e plantas**. 2. ed. Gainesville: University of Florida, 1980. 40 p.

FONSECA, J.A. da; MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Campinas, v. 21, p. 47-50, 1997.

FONTENOT, J.P.; ALLEN, V.G.; BUNCE, G.E., et al. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.67, p.3445-3455, 1989.

FOX, R. H.; PIEKIELEK, W. P. Soil magnesium level, corn (*Zea mays* L.) yield, and magnesium uptake. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 15, n. 22, p. 109-123, 1984.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: Editora da FAEPE, 2001. 252p.

GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.T. **Mineral nutrition of animals**. London: Butterworths, 1982. 475 p.

GIONBELLI, M.P.; MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C; PRADOS, L.F. Exigências nutricionais de minerais para Bovinos de corte. In.: GIONBELLI, M.P.; MARCONDES, M.I.; VALADARES S.C.F.; PRADOS L.F. **Exigências nutricionais de minerais para bovinos de corte. BR-CORTE**. 135 – 174p. 2010.

GOULART, C. **Dinâmica vegetacional e diversidade florística em áreas de vegetação campestre, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2014. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) - UFSM, Santa Maria. 2014.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Avaliação metabólica nutricional de vacas leiteiras por meio de fluídos corporais (sangue, leite e urina). **Anais...29º Congresso Nacional de Med. Veterinária**. Gramado, 2002.

GREENE, L.W.; WEBB, K.E., JR.; FONTENOT, J.P. Effect of potassium level on site of absorption of magnesium and other macro elements in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 56, n. 5, p.1214-1221, 1983.

GREENE, L.W.; MAY, B.J.; SCHELLING, G.T., et al. Site and extent of apparent magnesium and calcium absorption in steers fed monensin. **Journal of Animal Science**, v. 66, n. 11, p. 2987- 2991, 1988.

GUIMARÃES A.M., SALIBA E.O.S., RODRIGUEZ N.M.; MOREIRA P.K. Variação sazonal de vitamina A, macro e microelementos no capim, plasma e fígado de novilhas Nelore, criadas em pastagens de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v. 44, n. 1, p. 57- 66, 1992.

GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G. **Nutrição Mineral do Cafeeiro**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997.

HENRY, P.R.; BENZ, S.A. Magnesium bioavailability. In: AMMERMAN, C.B.; BAKER, D.H.; AUSTIN, J.L. **Bioavailability of nutrients for animals – amino acids, minerals, and vitamins**. (eds.). Academic Press, San Diego, 1995. p. 201 - 237.

HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.399-406, 2002.

IBGE. 2017. Produção da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro, 43:1-49. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf> Acesso em: 05 set 2017.

KHAN, Z.I.; ASHRAF, M.; AHMAD, K.; RAZA, N.; AHMAD, N.; VALEEM, E.E. Status of two macro elements calcium and Magnesium, of pasture and cattle grazing in a Semiarid region of central punjab, Pakistan. **Pakistan Journal Botany**, 42(4): 2391-2395, 2010.

KHORASANI, G.R.; ARMSTRONG, D.G. Effect of sodium and potassium level on the absorption of magnesium and other macro minerals in sheep. **Livestock Production Science**, v.24, n.3, p.223-235, 1990.

KINCAID, R. Macroelementos para los rumiantes. In: CHURH, C.D. **El rumiante – Fisiología digestiva y Nutrición**. (ed.). Editorial Acribia, S.A., Zaragoza. 1993. p.373 – 390.

KIRCHGESSNER, M. **Tierernahrung**: 6. Neubearbeitete. Auflage: DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 1989. 488 p.

LALMAN, D. L. Vitamin and mineral nutrition of grazing cattle. In: DOYE, D.; LALMAN, D.L. (Ed). **Beef cattle manual**. 5.ed. Stillwater, OK: Oklahoma State University, 2005. p.109-121.

LIDE, D.R. **CRC Handbook of Chemistry and Physics**. CRC Press Inc., 2009, 2804 p.

LOPES, A.S.; GUILHERME L.R.G. Interpretação de análise de solo conceitos e aplicações. **Boletim Técnico**, n. 2, 1992.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2ª ed., Piracicaba: Potafos, 1998. 177p.

MAC – COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul. 10ª ed., Porto Alegre, 2004. 400p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 638p, 2006.

MARGON, A.L. **Requerimentos de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para engorda de novilhos zebu**. 1981. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - UFV, Viçosa, 1981.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Orlando -Florida, Academic Press, Inc.. 1986. 673 p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ª ed. Austrália: Elsevier, 651 p. 2012.

MATIELLO, J.B.; JAPIASSÚ, L.B. Deficiência e desequilíbrio de magnésio no solo e em Cafeeiros. **Fundação Procafé On Line**. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/downloads/Folha018Magnesio.pdf>> Acesso em: 22 dez. de 2016.

MCDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; ELLIS, G.L.; LOOSLI, J.K. **Minerals for grazing ruminants in tropical regions**. Gainesville, Univ. of Florida, 1983. 86p.

MEDEIROS, J.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; ROSA, J.D.; GATIBONI, L.C. Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, 2008.

MENDES, A.M.S.; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.J. Sistema de produção de Melancia. Embrapa Semiárido, Sistemas de Produção, 6, Versão Eletrônica, 2010.

MENDONÇA JÚNIOR, A.F.; BRAGA, A.P.; RODRIGUES, A.P.M.S.; SALES, L.E.M.; MESQUITA, H.Z. Minerais: importância de uso na dieta de ruminantes. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.7, n.1, p. 01 – 13, 2011.

MENGEL, K.; KIRBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 849 p. 2001.

MEURER, E.J. **Disponibilidade de potássio para as plantas e sua relação com formas, mineralogia e cinética de liberação no solo**. 1991. 137 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Ciência do Solo, UFRGS, Porto Alegre. 1991.

MINSON, D.J. **Forages in Ruminant Nutrition**. Academic Press Inc. 1990

MIRANDA, E.N.; QUEIROZ, A.C.; LANA, R.P.; MELLO, R.; GESUALDI JÚNIOR, A.; RESENDE, F.D.; ALLEONI, G.F. Composição corporal e exigências nutricionais de macrominerais de bovinos Caracu selecionados e Nelore selecionados ou não para peso ao sobreano. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.1201-1211, 2006 (supl.).

MOSALI, J.; GIRMA, K.; TEAL, R.K.; FREEMAN, K.W.; RAUN, W.R. Use of In-Season Reflectance for Predicting Yield Potential in Bermudagrass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 38: 1519–1531, 2007.

MORAES, S.S. Principais deficiências minerais em bovinos de corte. Campo Grande, MS: **Embrapa Gado de Corte**, Documentos 112. 27 p. 2001.

NABINGER, C. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtrópico brasileiro. In: Simpósio de forrageiras e produção animal, 1, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2006. p.25-76.

NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M.; CARVALHO, P.C.F. Biodiversidade e produtividade em pastagens. In: XXIII Simpósio sobre manejo da pastagem, 2006, Piracicaba. **Anais...** 23. Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 87-138

NABINGER, C. FERREIRA, E.T.; FREITAS, A.K.; CARVALHO, P.C.F.; SANT'ANNA, D.M Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012.

NOLLER, C.H.; NASCIMENTO Jr, D.; QUEIROZ, D.S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: 13º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, Piracicaba. **Anais...** ESALQ/USP, 1996, p. 319.

NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Updated 7th.ed.Washington, DC: National Academy Press, 2000. 242p.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7.ed. Washington, DC: National Academy of Sciences / National Research Council, 1996. 234p.

OLIVEIRA, S.R. **Alguns aspectos sobre as exigências nutricionais de animais a pasto**. Viçosa - MG, Julho – 1997.

OLIVEIRA, I.P; OLIVEIRA, L. C. Sintomas de deficiência de cálcio e magnésio na planta de nim. Faculdade Montes Belos (FMB). 2009. Disponível em: <https://www.fmb.edu.br/ler_artigo.php?artigo=279> Acesso em 5 de fev de 2018. :

ORLANDO FILHO, J.; BITTENCOURT, V.C.; CARMELLO, Q.A.C.; BEAUCLAIR, E.G.F. Relações K, Ca e Mg de solo areia quartzosa e produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.14, n.5, p.13-17, 1996.

PAIVA, E.; LIMA, M.S.; PAIXÃO, J.A. Pectina: propriedade químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, v.10, n.4, p 196 -211. 2009.

PAULINO, M.F.; FIGUEIREDO, D.M DE; MORAES, E.H.B.K. de; PORTO, M.O.; SALES, M.F.L.; ACEDO, T.S.; VILLELA, S.D.J.; VALADARES FILHO, S.C. **Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica**. 2004a.

PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Exigências nutricionais de zebuínos: minerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.770-780, 2004b.

PELLEGRINI, C.B.; MEDEIROS, R.B.; CARLOTTO, S.B.; GARCIA, R.P.A.; LISBOA, C.V.; BRUNING, G. Valor nutritivo de uma pastagem nativa dominada por *Eragrostis plana* Nees e sua relação com o perfil metabólico de vacas primíparas suplementadas da gestação ao pós-parto. **Ciênc. anim. bras.**, Goiânia, v.17, n.2, p. 154-163, 2016

PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. **Campos Sulinos** - Conservação e uso sustentável da biodiversidade. 403p. Editores. – Brasília: MMA, 2009.

POTT, E.B.; BRUM, P.A.R.; ALMEIDA, I.L.; COMASTRI FILHO, J.A.; POTT, A. Nutrição mineral de bovinos de corte no Pantanal Mato-Grossense. V. Levantamento de macronutrientes na sub-região de Aquidauana. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 24, n.11, p.1381-1395, 1989.

POZZA, A. A. A; MARTINEZ, H. E. P; CAIXETA, L. S. C; CARDOSO, A. A; ZAMBOLIM, L. POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, 2001.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. 407p.

REIS, J.C.L.; ALFAYA JR., H.; EICHELBERGER, L.; SILVA, J.G.C. Composição e dinâmica florística em campos naturais da Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v.14, n.2, p.125-133, 2008.

REIS, M.S.; SOARES, A.A.; SOARES, P.C.; CORNÉLIO, V.M.O. Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciada pela adubação nitrogenada. **Ciênc. agropec.**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 707 -713, 2005.

RIBEIRO, L.A.O.; GONZALEZ, F.H.D.; CONCEIÇÃO, T.R.; BRITO, M.A.; LA ROSA, V.L.; CAMPOS, R. Perfil metabólico de borregas Corriedale em pastagem nativa do Rio Grande do Sul. **Acta Scientiae Veterinariae**. v.31. p. 167-170. 2003.

ROBBINS, C.W.; MAYLAND, H.F. Calcium, magnesium and potassium uptake by crested wheatgrass grown on calcareous soils. **Commun. Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 24, n. 9/10, p. 915-926. 1993.

RODRIGUES, O.G.; MARQUES, K.B.; SOUSA, B.B. Perfil mineral sérico de cordeiros submetidos a diferentes suplementações alimentares e a diferentes tipos de ambientes em pastejo no semiárido. **Agropecuária Científica no Semiárido/ACSA**, Patos-PB, v.12, n.4, p.332-338, outubro-dezembro, 2016.

ROSA, I.V. **Dietary phosphorus and trace element interrelationships in ruminants**. 1980. 192 f. Tese (Doctor of Philosophy). University of Florida, Gainesville, 1980.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 12, p. 1443-1448, 1984.

SALVADOR, J.T.; CARVALHO, T.C.; LUCCHESI, L.A.C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.*, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-32, 2011.

SANTOS, A.B. dos. **Morfogênese de gramíneas nativas do Rio Grande do Sul (Brasil) submetidas a pastoreio rotativo**. 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia), UFSM, Santa Maria. 2012.

SANTOS, B.R.C. **Avaliação do fósforo no sistema solo-planta-animal sob condições de campo natural em diferentes épocas em três solos da região de Bagé –RS**. 1997. 94 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/UFPEL, Pelotas. 1997.

SANTOS, B.R.C.; ALFAYA, H.; DIAS, A.E.A.; SILVA, J.B. Correlação do P no sistema solo-planta-animal em pastagem natural na Região da Campanha - RS. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p. 487-497, 2010.

SCHULTZ, L.H.; MAYLAND, H.F.; EMERICK, R.J. Problemas metabólicos relacionados con la nutrición. In: CHURH, C.D. **El rumiante – Fisiología digestiva y Nutrición**. (ed.). Editorial Acríbia, S.A., Zaragoza. 1993. p. 567 - 611.

SENGER, C.C.D.; SANCHEZ, L.M.B.; PIRES, M.B.G.; KAMINSKI, J. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul – Cálcio, fósforo, magnésio e potássio. **Pesq. Agropec. Brasil**, Brasília, v.31, n.12, p. 897-904, 1996.

SENGIK, E.S. Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas. **Fundação Procafé**. Varginha, MG. 2003.

SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Fatores condicionantes e predisponentes da produção animal a pasto. In.: 13º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, Piracicaba, 1996. **Anais...** ESALQ/USP, 1996, p. 97.

SILVA SOBRINHO, A. G. **Requerimentos de macrominerais (Ca, P, Mg, Na, K) para seis grupos genéticos de bovídeos**. Viçosa, 1984. 61p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1984.

SILVEIRA, V.C.P.; GONZAGA, S.S.; OLIVEIRA, J.C.P.; GOMES, K.E. Sistema de criação para a terminação de bovinos de corte na região sudeste do Rio Grande do Sul. **Embrapa Pecuária Sul**. ISSN 1679-3641, Versão Eletrônica, 2008.

SKERRMAN, P.J.; RIVEROS, F. **Gramineas tropicales**. Roma: FAO, 1982. 849p. (coleção FAO. Producción y Protección Vegetal, 23).

SOARES, A.B.; CARVALHO, P.C. de F.; NABINGER, C.; SEMMELMANN, C.; TRINDADE, J.K.; GUERRA, E.; FREITAS, T.S.; PINTO, C.E.; FONTOURA JR, J.A.; FRIZZO, A. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1148-1154. 2005.

SOUSA, J.C. Aspectos da suplementação mineral de bovinos de corte. Brasília, EMBRAPA-DID, Julho, 1981. 50p. (EMBRAPA - CNPQC. Circular Técnica, 5).

SOUSA, J.C.; GONÇALVES, E.L.; VIANA, J.A.C.; DARCIE, G. Deficiências minerais em bovinos de Roraima, Brasil. IV. Magnésio, sódio e potássio. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 89-98. 1987.

SUERTEGARAY, D.M.A.; SILVA, L.A.P. da. Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha. In: _____. **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, 2009, p.42-59.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia - Departamento de Solos, 1985. 95 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: MacMilan Publ., 1985.

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

UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. London: Academic press, 1981. 111p.

UNDERWOOD, E.J. In: UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE. **The mineral nutrition of livestock**. 3 ed. New York: CAB international, 1999. 614p.

UNDERWOOD, E.J. **The mineral nutrition of livestock**. Aberdeen, Scotland: FAO/CAB, 1966. 237p.

VALADARES FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L., et al. Tabela brasileira de alimentos para ruminantes. Composição química-bromatológica de alimentos - CQBAL 3.0. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010.

VELOSO, C.A.C.; SOUZA, F.R.S.; PEREIRA, W.L.M; TENÓRIO, A.R.M. Relações calico, magnésio e potássio sobre a produção de material seca de milho. **ACTA Amazonica**, v.31, n.2, p. 193-204, 2001.

VIANA, E.M. **Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade de redutase do nitrato em plantas de trigo**. 2007, 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALQ/USP, Piracicaba, 2007.

WEGLICKI W. B. Hypomagnesemia and Inflammation: Clinical and Basic Aspects. **Annual Review of Nutrition**. v. 32, p. 55-71, 2012.

WIEND, T. Magnésio nos solos e nas plantas. São Paulo. **Informações agrônômicas** nº 117 – março/2007.

WUNSCH, C.; BARCELLOS, J.O.J.; PRATES, E.R.; COSTA, E.C da; MONTANHOLI, Y.R.; BRANDÃO, F. Macrominerais para bovinos de corte nas pastagens nativas dos Campos de Cima da Serra – RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1258-1264, 2006.

Apêndices

Apêndice 1 - Datas das coletas das amostras da pastagem natural das Áreas experimentais 1 e 2 para análise bromatológica, dinâmica da pastagem (matéria seca disponível e produzida) e pesagem e coleta de sangue dos animais.

Datas de coleta												
Ano	1996						1997					
Mês	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Área 1 (dia)	04	08	05	08	06	05	09	07	06	02	07	04
Área 2 (dia)	12	09	03	01	05	03	07	06	04	01	06	03