

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



Tese

**Dinâmica sazonal da pastagem e do fósforo no sistema
solo-pastagem-animal em campos naturais
da Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul**

José Carlos Leite Reis

Pelotas, 2005

José Carlos Leite Reis

**Dinâmica sazonal da pastagem e do fósforo no sistema
solo-pastagem-animal em campos naturais
da Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Pastagens)

Orientador: Prof. PhD. Hero Alfaya jr.

Co-orientador: Prof. PhD. João Gilberto Corrêa da Silva

Pelotas, 2005

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

R375d Reis, José Carlos Leite

Dinâmica sazonal da pastagem e do fósforo no sistema solo-pastagem-animal em campos naturais da Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul / José Carlos Leite Reis. - Pelotas, 2005.

169f. : il.

Tese (Doutorado em Pastagens) –Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2005, Hero Alfaya Jr., Orientador; co-orientador João Gilberto Corrêa da Silva.

1. Composição florística 2. Correlações do fósforo no solo-pastagem-animal 3. Forragem disponível 4. Minerais 5. Produção de forragem I Alfaya Jr, Hero (orientador) II .Título.

CDD 633.2

Banca examinadora:

Rogério Waltrick Coelho

Renato Borges de Medeiros

Manoel de Souza Maia

Marcelo Alves Pimentel

Hero Alfaya jr. (Orientador)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Hero Alfaya jr., amigo e parceiro de pesquisas, e que através destas vias culminou sendo o orientador desta tese. Um profissional entusiasta, ativo e competente, a quem muito admiramos e agradecemos;

Ao Co-orientador Prof. João Gilberto Corrêa da Silva, dedicado responsável pelo planejamento e execução das análises estatísticas;

A Embrapa, pela concessão desta nova oportunidade, e pelo apoio logístico e financeiro à pesquisa, da qual parte dos dados serviram para a confecção desta tese;

Ao colega embrapiano Otávio João Wachholz de Siqueira, por ter viabilizado a inclusão da pesquisa no programa Recursos Naturais da Embrapa, pela participação na condução da mesma e pelo apoio financeiro através recursos por ele captados junto a FAPERGS;

Aos produtores rurais Esly C. Fernandez (Fazenda São Thomaz) e João Luiz Barbosa da Cunha (Fazenda Esperança), por colocarem à disposição da nossa equipe de pesquisa os estabelecimentos rurais por eles administrados;

Aos parceiros do município de Piratini, cujo apoio foi fundamental durante a condução desta pesquisa, tais como: funcionários e alunos da Escola Municipal Agropecuária de Ensino Fundamental Almor Tarouco, Secretaria Municipal da Agricultura, Sindicato Rural, produtores rurais vinculados ao CITE – 41 e Emater – Escritório Municipal de Piratini.

Aos colegas da Embrapa Clima Temperado, que de um modo ou outro, auxiliaram antes, durante e na conclusão desta jornada, como Bonifácio Hideyuki Nakasu, José Maria Barbat Parfitt, Marilice Cordeiro Garrastazu, Rogério Waltrick Coelho, Rui Melo de Souza, Alda Maria Barcelos Kuhn, Sérgio Ilmar Vergara dos Santos, Luiz Henrique Ferreira Goulart, entre outros;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, FAEM/UFPEL, aos professores e estudantes do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, aos funcionários do Departamento de Zootecnia, bem como aos professores externos ao Curso, com quem tive o privilégio de ser aluno e colega;

A esposa Lúcia Beatriz e filhos José Victor e Henrique, pelo amor, e compreensão pelos imperdoáveis momentos em que não lhes dei a atenção que mereciam.

Resumo

REIS, José Carlos Leite. **Dinâmica sazonal da pastagem e do fósforo no sistema solo-pastagem-animal em campos naturais da Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul.** 2005. 169f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Durante doze meses (julho 1996 a junho 1997) estudou-se a dinâmica do crescimento da pastagem, da composição florística e da passagem do fósforo na cadeia solo-pastagem-animal, bem como os fatores que influenciam essa passagem, em duas áreas de campo natural em Piratini, na Serra do Sudeste-RS. As áreas receberam um manejo pré-experimental diferenciado (Área 1: pastejo normal; Área 2: superpastejo). A carga animal durante o experimento foi 0,4 no inverno e 0,60 UA/ha (UA = 500 kg) nas demais estações do ano. As gramíneas de estação quente (72%) e as folhas largas (20%) foram os principais componentes da vegetação disponível no estrato inferior. Na Área 1 houve maior forragem disponível durante todo o período experimental. A disponibilidade de forragem nas duas áreas foi maior entre novembro e fevereiro e menor no inverno, quando os animais (fêmeas jovens) perderam peso. A estiagem entre novembro e fevereiro prejudicou a produtividade da pastagem natural. Os solos apresentaram baixos teores de fósforo durante todo o ano. A Área 2 apresentou teores significativamente maiores de fósforo no solo e na forragem. Os menores teores de fósforo no solo ocorreram no inverno e os maiores no verão; na forragem, os menores teores foram obtidos no outono-inverno e os maiores na primavera-verão. Os teores de fósforo na forragem foram insuficientes para suprir as exigências nutricionais dos animais, e estiveram acima do nível adequado (0,14%) somente na primavera, na Área 2. Os teores de fósforo no soro de sangue dos animais em pastejo esteve abaixo do limite de normalidade (8 mg/100 ml) no verão, outono e inverno; na primavera encontrou-se no limite da normalidade nas duas áreas. Nos períodos de maior extração de fósforo do solo pela pastagem, ocorreu maior passagem do fósforo na cadeia solo-pastagem-animal. Houve uma relação positiva na passagem do fósforo do solo para a pastagem e da pastagem para os animais. A passagem do fósforo pela cadeia solo-pastagem-animal é influenciada de forma positiva ou negativa pelos teores de outros minerais existentes em cada elo da cadeia solo-pastagem-animal. Os componentes do solo que influenciaram negativamente nos teores de fósforo, na sua passagem solo-pastagem e solo-animal, foram: ferro, cobre, boro, nitrogênio e matéria orgânica. Fatores climáticos, tais como precipitação pluvial e temperatura,

influenciaram sobremaneira os teores de fósforo dos elos da cadeia solo-pastagem. A dinâmica do fósforo na passagem pela cadeia solo-pastagem-animal mostrou-se muito dependente do ecossistema.

Palavras-chave: Composição florística. Correlações do fósforo no solo-pastagem-animal. Desenvolvimento ponderal. Forragem disponível. Minerais no solo-pastagem-animal. Produção de forragem.

Abstract

REIS, José Carlos Leite. **Seasonal dynamics of pasture and of phosphorus in the system soil-pasture-animal in natural grasslands of Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul.** 2005. 169f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The dynamics of pasture growth, botanical composition and phosphorus passage through the chain soil-pasture-animal, as well as the factors influencing on this passage, were studied over a period of 12 months (July, 1996 through June, 1997) in two natural grassland areas in Piratini, Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul (Latitude 31°S; Longitude 53°W). There was a different pre-experimental management in these areas (Area 1: normal grazing; Area 2: overgrazing). The animal stocking rate during the experiment was 0.4 over winter and 0.60 AU ha⁻¹ (AU = animal units = 500 kg live weight) in the other seasons. Warm season grasses (72%) and broad leaves (20%) were the main pasture components of the available dry matter in the lower layer. Area 1 showed the highest available forage throughout the experiment. Available forage in both areas was highest between November and February and lowest in the winter, when the animals (heifers) lost weight. Drought between November and February diminished the grassland growth. The soil presented low phosphorus levels throughout all the year. There was a greater phosphorus content in the soil and in the forage produced in Area 2. The smallest phosphorus soil levels occurred in the winter and the greatest in the summer whereas in the forage the lowest phosphorus levels were obtained in autumn-winter and the highest in spring-summer. For both areas the phosphorus levels in the forage were not sufficient to supply animal requirements and were above the adequate levels (0.14%) only during spring in Area 2. Phosphorus levels in the animal blood serum were below the normal limit (8 mg 100 ml⁻¹) during summer, autumn and winter; in spring the levels were on the limit. During the periods of highest phosphorus extraction by the pasture there was a greater phosphorus passage through the chain soil-pasture-animal. There was a positive interrelationship in the passage of the phosphorus from soil to pasture and from pasture to animal. The phosphorus passage through the chain soil-pasture-animal is positively or negatively influenced by the levels of other minerals in each link of the chain soil-pasture-animal. The soil factors that negatively affected phosphorus levels in its passage through soil-pasture, and soil-animal, were: iron, copper, boron, nitrogen and organic matter. Climatic factors such as rainfall and temperature strongly affected phosphorus levels in its passage from soil to pasture. The dynamics of the phosphorus passage through the chain soil-pasture-animal has shown to be highly dependant on the ecosystem.

Keywords: Available forage. Botanical composition. Forage production. Live weight gain. Minerals in soil-pasture-animal. Phosphorus correlations in soil-pasture-animal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos municípios componentes da região Fisiográfica Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul.....	68
Figura 2 - Localização da área urbana, das Áreas 1 e 2 e da Estação Meteorológica de Piratiní, dentro do município de Piratiní (visão parcial)..	70
Figura 3 - Croquis da Área 1 (Fazenda Esperança) com a localização dos pontos amostrais.....	73
Figura 4. Croquis da Área 2 (Fazenda São Thomaz) com a localização dos pontos amostrais.....	73
Figura 5. Esquema de amostragem utilizado nas áreas experimentais.....	77
Figura 6 - Dados climáticos durante o período experimental.....	89
Figura 7. Dinâmica da matéria seca disponível, em duas áreas de campo natural na Serra do Sudeste, RS.....	94
Figura 8 - Dinâmica do crescimento de matéria seca em duas áreas de campo natural na Serra do Sudeste, RS.....	96
Figura 9. Variação no desenvolvimento ponderal das novilhas em duas áreas de campo natural na Serra do Sudeste, RS.....	98
Figura 10 - Variação anual dos teores de fósforo no solo do campo natural nas Áreas 1 e 2 (Figura 10A) e os dados climáticos durante o experimento (Figura 10B).....	105
Figura 11 - Variação anual dos teores de fósforo na forragem do campo natural nas Áreas 1 e 2 (Figura 11A) e os dados climáticos durante o experimento (Figura 11B).....	118
Figura 12. Variação anual dos teores de fósforo no sangue dos animais nas Áreas 1 e 2 (Figura 12A) e os dados climáticos durante o experimento (Figura 12B).....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados meteorológicos do município de Piratiní durante o período maio 1996 a junho 1997.....	71
Tabela 2 - Composição florística estacional, do campo natural de duas áreas experimentais, na região agroecológica Serra do Sudeste.....	87
Tabela 3 - Valores médios anuais do fósforo extraível e de outras variáveis do solo em cada área.....	101
Tabela 4 - Quadro da análise da variação para o fósforo no solo.....	102
Tabela 5. Teores médios de fósforo no solo (mg/dm ³) em cada área e estações do ano e limites inferiores e superiores.....	103
Tabela 6 - Coeficientes de correlação linear (r) entre o teor médio anual de fósforo extraível com os teores médios anuais de outras variáveis do solo, por área e para o conjunto das duas áreas.....	109
Tabela 7 - Teores médios anuais do fósforo e de outros minerais na Pastagem natural em cada área de campo natural em comparação com os teores na forragem de outras regiões da pecuária no RS, com a faixa de suficiência no tecido foliar de uma gramínea forrageira de estação quente (<i>Brachiaria decumbens</i>) e as necessidades minerais na dieta de bovinos de corte em crescimento.....	114
Tabela 8 - Quadro de análise da variação para o fósforo na pastagem.....	116
Tabela 9 - Teores médios de fósforo na pastagem natural (%) em cada área e estações do ano e limites inferiores e superiores.....	117
Tabela 10 - Coeficientes de correlação linear (r) entre o teor médio anual de fósforo com os teores médios anuais de outros minerais na forragem, por área e para o conjunto das duas áreas.....	125
Tabela 11 - Quadro de análise da variação para o fósforo no soro sangüíneo dos animais.....	127
Tabela 12 - Teores médios de fósforo no soro sangüíneo (mg/100ml) em cada área e estações do ano e limites inferiores e superiores.....	128
Tabela 13 - Coeficientes de correlação linear (r) entre o teor médio anual de fósforo com os teores médios anuais de outros minerais no soro sangüíneo dos animais, por área e para o conjunto das duas áreas.....	135
Tabela 14 - Correlação linear simples (r) entre o fósforo no solo, na	

pastagem e no animal, eliminando efeitos de área e ignorando efeitos de épocas.....	138
Tabela 15 - Correlações lineares simples (r) entre os teores médios anuais de fósforo na pastagem com os teores médios anuais de alguns elementos do solo que influenciam a absorção do fósforo pela pastagem.....	141
Tabela 16 - Correlações lineares simples (r) entre os teores médios anuais de fósforo no soro sanguíneo (no animal) com os teores médios anuais de alguns minerais da pastagem que influenciam a absorção do fósforo pelo animal.....	143
Tabela 17 - Correlações lineares simples (r) entre os teores médios anuais de fósforo no soro sanguíneo (no animal) com os teores médios anuais de alguns elementos do solo que influenciam a absorção do fósforo pelo animal.....	145

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1A. - 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.....	167
Apêndice 2A. - Datas das avaliações da composição florística da Vegetação do campo natura.....	167
Apêndice 3A - Quadro da análise da variação para a matéria seca Disponível, para o conjunto das duas áreas.....	168
Apêndice 4A - Quadro da análise da variação para o crescimento de matéria seca , para o conjunto das duas áreas.....	168
Apêndice 5A - Quadro da análise da variação para o teste de Homogeneidade de regressão linear entre o fósforo no solo (P-s) e o fósforo na pastagem (P-p) ignorando os efeitos de época.....	168
Apêndice 6A - Quadro da análise da variação para o teste de Homogeneidade de regressão linear entre o fósforo na pastagem (P-p) e o fósforo no animal (P-a), ignorando os efeitos de época.....	169
Apêndice 7A - Quadro da análise da variação para o teste de Homogeneidade de regressão linear entre o fósforo no solo (P-s) e o fósforo no animal (P-a) , ignorando os efeitos de época.....	169

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 .FÓSFORO NO SOLO	22
2.2. FÓSFORO NA PASTAGEM	28
2.3. FÓSFORO NO ANIMAL	35
2.4. INTER-RELAÇÕES DO FÓSFORO NA CADEIA SOLO- PASTAGEM-ANIMAL	41
2.4.1. Fatores que influenciam a dinâmica do fósforo na cadeia solo-pastagem-animal	42
2.4.2. A indisponibilidade do elemento fósforo na cadeia solo- pastagem-animal	52
2.4.3. Relações entre os teores de fósforo no solo, nas pastagens e nos animais	55
2.5. COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E PRODUÇÃO DE FORRAGEM DO CAMPO NATURAL	62
3. MATERIAL E MÉTODOS	66
3.1. DESCRIÇÃO DA REGIÃO E ÁREAS EXPERIMENTAIS	67
3.1.1. Sistema de produção dominante – a aptidão e o problema	67
3.1.2. Localização das áreas experimentais e critérios considerados na escolha das propriedades rurais	69
3.1.3. Topografia	71
3.1.4. Clima	71
3.1.5. Solos	72
3.1.6. Vegetação	72
3.1.7. Áreas experimentais	72
3.2. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	74
3.2.1. Animais experimentais e manejo	74
3.2.2. Composição florística, produção de forragem e forragem disponível	75
3.2.2.1. Levantamento da composição florística	75

3.2.2.2. Produção de forragem e forragem disponível.....	76
3.2.3. Coleta das amostras de solo, vegetação e soro de sangue.....	76
3.2.3.1. Solo.....	77
3.2.3.2. Vegetação.....	77
3.2.3.3. Sangue.....	78
3.2.3.4. Análise das amostras de solo, vegetação e soro de sangue.....	78
3.3. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	78
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
4.1. COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DA VEGETAÇÃO DO CAMPO NATURAL.....	84
4. 2. DINÂMICA DO CRESCIMENTO DA PASTAGEM NATURAL E DESENVOLVIMENTO PONDERAL DOS ANIMAIS.....	92
4.2.1. Matéria seca disponível.....	93
4.2.2. Crescimento mensal da pastagem.....	95
4.2.3. Desenvolvimento ponderal dos animais.....	98
4.3. DINÂMICA SAZONAL E RELAÇÕES DO FÓSFORO NA PASSAGEM PELA CADEIA SOLO-PASTAGEM-ANIMAL.....	100
4.3.1. Fósforo no solo.....	100
4.3.2. Fósforo na pastagem.....	113
4.3.3. Fósforo no soro de sangue.....	127
4.3.4. Correlações do fósforo na cadeia solo-pastagem-animal.	137
4.3.4.1. Fósforo na cadeia solo-pastagem-animal.....	137
4.3.4.2. Relação do fósforo com outras variáveis na cadeia solo-pastagem-animal.....	140
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	147
5. CONCLUSÕES.....	151
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
APÊNDICES.....	167

1. INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul cerca de 90% das produções de bovinos de corte e ovinos são obtidas em cima do recurso campos naturais, os quais perfazem, mais ou menos, 61% da área total do estado. Apesar da grande importância econômica e social destes segmentos pecuários, os índices de produtividade são bastante baixos e o retorno econômico é mínimo, quando a exploração é feita em campo natural.

O segmento pecuário encontra-se em crise econômica muito séria. Em parte (1) devido aos baixos índices de produtividade; (2) em função do pouco conhecimento sobre a potencialidade da pastagem de campo natural e, em consequência, (3) pela ineficiência na utilização deste recurso. A conjuntura econômica também tem colaborado com a crise: baixos preços dos produtos (carne, leite, lã), dificuldades para a comercialização, altos custos de produção (insumos, carga tributária, juros). O setor pecuário está descapitalizado, e a curto prazo, sem condição de investir em tecnologias de alto custo.

Deste modo, a melhoria da produtividade pecuária e da economicidade deve ser embasada, inicialmente, em tecnologias sustentáveis eficientes e de baixo custo, tendo como base produtiva o campo natural.

Os fatores que influenciam a baixa produtividade são de ordem edafoclimáticas e antrópicos, e provocam grandes variações na produção e qualidade nutritiva das pastagens nas diferentes épocas do ano (SIQUEIRA et al., 1994). Estes campos não produzem forragem regularmente devido aos diversos fatores restritivos, tais como estacionalidade de produção e deficiências minerais no solo. Deste modo, a quantidade e a qualidade da forragem são insuficientes para bons índices de produtividade animal.

Assim, o campo natural caracteriza-se por uma marcada estacionalidade na oferta de alimentos, propiciando ciclos de abundância e/ou carências de forragem e

nutrientes. Pesquisas isoladas e não relacionadas diretamente a este assunto deixam lacunas, principalmente no que se refere aos nutrientes que se apresentam em menor quantidade nas pastagens.

Os principais fatores responsáveis por essa oscilação na qualidade da pastagem são: localização das plantas (solos, pH), capacidade de absorção e retenção de nutrientes das plantas, clima e influência atmosférica, composição florística da pastagem e estádios de desenvolvimento da vegetação (KIRCHGESSNER, 1989; ENSMINGER et al., 1990). O ambiente natural é sobremaneira suscetível a fatores antrópicos, que quando negativos resultam na degradação dos recursos naturais e, conseqüentemente, na queda da produção e da qualidade das pastagens. A falta de conhecimentos mais profundos das características e condições dos solos e plantas, nas diferentes épocas do ano, bem como a impossibilidade de transferência de conhecimentos já adquiridos, de regiões com características diferentes, induzem a práticas errôneas de manejo animal e da vegetação, práticas que provocam transformações no "clímax" da vegetação. Com isso ocorre o aparecimento de espécies indesejáveis e invasoras, que geralmente apresentam baixo valor forrageiro.

Mesmo em vegetações "clímax", na primavera, quando há maior oferta de alimentos, o teor de nutrientes básicos, como proteína, lipídios e carboidratos, é muitas vezes suficiente somente para as categorias animais menos exigentes. Concomitantemente a tais nutrientes, existem inúmeros elementos e substâncias que concorrem para as necessidades da manutenção energética e formação de outras substâncias imprescindíveis ao organismo. Neste contexto, aparecem principalmente os elementos minerais (macro e micronutrientes), que assumem um papel importante nas mais diversas funções vitais do organismo. Eles fazem parte de órgãos, enzimas, vitaminas, e servem como transportadores e ativadores de outras substâncias. Alguns, também, são responsáveis pela regulação das relações ácido-base e da pressão osmótica dos fluídos do corpo (BURGSTALLER, 1986; CARVALHO et al., 2003; ENSMINGER et al., 1990; KIRCHGESSNER, 1989).

Tanto a deficiência, quanto o excesso de minerais, podem causar distúrbios do equilíbrio metabólico nos animais e, com isto, prejudicar a conversão de outras substâncias. Também a proporção existente entre eles nos alimentos pode afetar negativamente a produtividade, já que é necessário levar-se em conta efeitos antagonistas (competitivos e funcionais) e de sinergismo existentes entre os

minerais, que podem provocar deficiência, concorrência entre eles e potenciação de efeito. Fatores inerentes a composição botânica, edafo-climáticos e antrópicos provocam, principalmente na porcentagem dos minerais, uma considerável oscilação, já que a quantidade deles nas plantas é muito pequena.

No Rio Grande do Sul já foram realizados e divulgados diversos levantamentos dos teores de minerais em solos, pastagens naturais, tecidos ósseo e hepático e soro de sangue de bovinos, bem como nas fontes de água utilizadas pelos animais (AGOSTINI e KAMINSKI, 1976; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; GAVILLON e QUADROS, 1970; GAVILLON e QUADROS, 1973; SANTOS, 1997; TRINDADE e CAVALHEIRO; 1990; TRINDADE et al., 1987). A água é pouco importante como fonte de minerais para a nutrição animal (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992), pois apresenta, em geral, baixa concentração de alguns elementos, conforme mostram estudos no Rio Grande do Sul (CAVALHEIRO e TRINDADE;1992; SANTOS, 1997) e em outras regiões do país (BRUM e SOUZA, 1985; VILELA et al., 1987) e do mundo (SHIRLEY e CARVALHO, 1976; VAN NIEKERK e SERRÃO, 1976).

Apesar dos levantamentos dos teores de minerais no solo, vegetação e nos animais (soro sanguíneo, ossos, fígado), os estudos sobre a deficiência destes elementos na função solo-planta-animal, nas diferentes épocas do ano, são poucos em nível de Brasil. No Rio Grande do Sul só recentemente foram divulgados alguns resultados de uma pesquisa realizada em três solos representativos do município de Bagé, na região da Campanha, conduzida por Alfaya e colaboradores (ALFAYA et al., 1998abcd; ALFAYA et al., 2000ab; SANTOS, 1997).

A função solo-planta-animal é bastante complexa e deve ser vista de maneira crítica, já que nem toda a quantidade de nutrientes existentes no solo estão disponíveis às plantas. Este é o caso, por exemplo, do fósforo, que, de imediato, só está disponível como P-solução e em parte P-lábil. Levando-se em consideração que o mesmo ocorre na relação planta-animal, chega-se a conclusão que uma grande parte dos nutrientes disponíveis nas plantas não são assimilados pelos animais.

O fósforo é um elemento prioritário, capaz de potencializar o sistema solo-planta-animal para níveis mais produtivos. Nos solos do Brasil, vários estudos demonstram ser o fósforo o nutriente mineral mais limitante para a produção agropecuária. O fósforo desempenha múltiplas funções nas plantas e nos animais.

Por isso, é importante que esse mineral, estratégico na nutrição vegetal e animal, seja devidamente estudado.

Trabalhos de pesquisa mostram que, tanto no Rio Grande do Sul, como no Uruguai, os teores de fósforo no solo são muito baixos. Os baixos teores de fósforo se traduzem em forragem com níveis insuficientes para cobrir as exigências dos animais para este nutriente (AGOSTINI e KAMINSKI, 1976; AYALA e BERMÚDEZ, 1992; BARCELLOS et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; GAVILLON e QUADROS, 1970; SANTOS, 1997; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990).

Os resultados de uma pesquisa sobre o fósforo no sistema solo-planta-animal, em campos naturais da Campanha, indicaram uma forte tendência de variação estacional na disponibilidade às plantas do fósforo, nitrogênio e potássio no solo. Os teores de fósforo na vegetação situaram-se entre 0,099 a 0,128% e foram insuficientes para suprir as exigências nutricionais de bovinos e ovinos, em todas as estações do ano, quando a base de comparação foi o NRC – National Research Council (SANTOS, 1997). Concluiu-se, nesses estudos, que os níveis de fósforo no solo, nas plantas, e nos animais, são baixos, e que a passagem do fósforo nesta cadeia é extremamente dependente do ecossistema (ALFAYA et al., 1998a ; SANTOS, 1997).

Com relação a região agroecológica Serra do Sudeste, não há informações disponíveis para esta interação. Na região, a pecuária extensiva tem grande importância, porém apresenta baixos índices de produtividade. Isto ocorre principalmente devido a nutrição animal deficiente em períodos críticos do ano, como a estação fria e épocas de seca, e ao manejo inadequado dos recursos naturais e dos animais. A disparidade estacional na produção e qualidade do campo natural, no ano e entre anos, é muito grande (SIQUEIRA et al., 1994), e influencia a função solo-planta-animal quanto ao provimento de nutrientes e minerais aos animais.

Deste modo, foi conduzido um estudo abrangente, para caracterizar a influência de fatores edafo-climáticos sobre a dinâmica estacional (a) da pastagem de campos naturais na Serra do Sudeste-RS, bem como (b) da qualidade nutricional da forragem, e (c) da disponibilidade de minerais na cadeia solo-pastagem-animal (ALFAYA et al., 1997ab; ALFAYA et al., 1999; ALFAYA et al., 2003ab; DIAS, 1998;

DIAS et al., 1999; EICHELBERGER et al., 1998; REIS et al., 1999; REIS et al., 2001).

A presente tese dedica-se a avaliação de parte dos resultados obtidos, e contempla os seguintes objetivos:

(1) Caracterizar a dinâmica sazonal do fósforo no sistema solo-pastagem-animal, determinando:

- as deficiências de fósforo na cadeia solo-pastagem-animal;
- as interações entre o fósforo com outros minerais ou variáveis de solo em cada um dos conjuntos solo, pastagem e animais;
- as interações entre o fósforo com outros minerais ou variáveis do solo na sua passagem pelas combinações solo-pastagem, pastagem-animal e solo-animal.

(2) Caracterizar a composição florística, bem como a dinâmica anual da composição florística e do crescimento da pastagem;

(3) Caracterizar o desenvolvimento ponderal de animais em pastejo sobre estes campos naturais.

O tema principal da tese é o estudo da dinâmica sazonal do fósforo no solo, pastagem e animais e suas relações na passagem pela cadeia solo-pastagem-animal (primeiro objetivo). As informações que respondem aos demais objetivos foram incluídas na tese para subsidiar as discussões destes resultados, e por trazerem conhecimentos ainda não disponíveis para a região Serra do Sudeste.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para fins de apresentação e discussão de conhecimentos sobre o macromineral fósforo (P), e da sua relevância para a produção pecuária, esta revisão foi dividida em seções. Aborda-se a importância do macromineral fósforo na natureza e suas funções no solo, na pastagem e nos animais e sua passagem na cadeia solo-pastagem-animal. São discutidos os fenômenos que influenciam esta dinâmica cadeia: sinergismo, antagonismo, complexação entre minerais e as ocorrências ambientais. Comenta-se também a dinâmica da produção de forragem e da composição florística das pastagens naturais. Especial atenção foi dada aos estudos e resultados gerados nas condições ambientais do Rio Grande do Sul.

Cerca de 0,12% da crosta terrestre é formada por P (CARVALHO et al., 2003). Devido a sua grande capacidade de reagir com outros elementos, o P não ocorre livre na natureza, sendo encontrado na forma de fosfato, especialmente ortofosfato (CARVALHO et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992). O P foi pela primeira vez isolado na Alemanha, por Brandt, em 1669 (CARVALHO et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992), que reportou a presença deste elemento em urina de seres humanos (CARVALHO et al., 2003). Somente um século depois, em 1769, na Suécia, Gahn descreve que o P é essencial na composição dos ossos (CARVALHO et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992) e, em 1771, na Alemanha, Scheele encontrou grande quantidade de P em cinzas de ossos (CARVALHO et al., 2003). Mas foi somente a partir do século XX que foram desvendadas as funções deste mineral nos seres vivos, e associadas as suas deficiências a sintomas e doenças carenciais observadas em plantas e animais.

2.1. Fósforo no solo

O P, depois do sódio (Na), é o elemento mineral mais deficiente nos solos e pastagens naturais do Rio Grande do Sul. Como consequência, após o Na, é o segundo elemento mineral mais limitante na dieta de ruminantes, não atendendo as exigências da maioria das categorias animais (BARCELLOS et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992). Com a possível exceção do nitrogênio (N), nenhum outro elemento mineral do solo é tão limitante ao crescimento dos vegetais (BUCKMAN e BRADY, 1968).

A quantidade total de P nos solos minerais ocorre em nível semelhante ao N mas é muito menor que a de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (BUCKMAN e BRADY, 1968). A maior parte do P no solo está em forma não assimilável pelos vegetais. A solubilidade do P no solo (P-disponível) é o fator principal para a nutrição das plantas.

O P no solo aparece em duas formas: inorgânica e orgânica. Nestas formas aparece em estruturas (1) mais complexas e menos ativas e (2) mais simples e mais disponíveis. As formas complexas são apatita (fonte original), fosfatos secundários de Ca, ferro (Fe) e alumínio (Al), ou orgânico, como fitina, ácido nucleico e outras combinações. As formas mais simples (cujas formas iônicas absorvíveis pelos vegetais são HPO_4^{2-} e H_2PO_4^-) são fosfatos de Ca, K, Mg etc. e formas orgânicas solúveis (ANDREW e JOHANSEN, 1978; BUCKMAN e BRADY, 1968).

Uma grande proporção do P do solo faz parte das combinações orgânicas. A decomposição da matéria orgânica (MO) possibilita a liberação dos nutrientes mantidos nesta forma complexa e o aparecimento dos componentes simples, que ficam mais ou menos disponíveis aos vegetais superiores. As formas orgânicas solúveis de P não são aproveitadas pelos vegetais superiores, devendo ser submetidas a mineralização da matéria orgânica sob a ação de microorganismos, e transformadas em compostos inorgânicos. Uma vez que o P na forma mineral complexa torna-se disponível com muita lentidão, há certa vantagem na associação orgânica. No entanto, o P orgânico não fica disponível com a mesma rapidez e facilidade do que o enxofre (S) orgânico e o N (BUCKMAN e BRADY, 1968).

O maior aporte do nutriente P para solo é na forma inorgânica, proveniente da fração argila na forma dos ortofosfatos (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}). O íon específico de fosfato ao alcance dos vegetais superiores é influenciado pelo pH do solo. O P é usualmente absorvido como H_2PO_4^- , especialmente em pH neutros e ácidos, embora

as plantas possam absorver HPO_4^{2-} e formas orgânicas de P. Quando o pH é nitidamente alcalino ocorre P-solúvel sob a forma do íon HPO_4^{2-} . Ambas as formas são absorvíveis pelos vegetais superiores (ANDREW e JOHANSEN, 1978; BUCKMAN e BRADY, 1968).

Os compostos inorgânicos do P não disponível estão incluídos em dois grupos: os que contém cálcio e os que contém ferro e alumínio. Dos compostos de cálcio, a apatita (fluor-apatita) é o mais insolúvel ou inassimilável, sendo geralmente um mineral originário, e encontrado nos horizontes mais profundos do solo. Os fosfatos de ferro e alumínio são estáveis sob as formas de ácidos do solo e são extremamente insolúveis. Da fração não lábil também fazem parte o fosfato tricálcico e o P orgânico do solo devido a baixa capacidade da troca de íons (BUCKMAN e BRADY, 1968).

Compostos mais simples de cálcio, como fosfatos mono e bicálcicos, estão prontamente disponíveis para o desenvolvimento vegetal. Estes compostos encontram-se em quantidades extremamente reduzidas. Nos compostos orgânicos do solo as fontes de P são: (a) fitina e seus derivados; (b) ácidos nucleicos, e (c) fosfolipídeos e fosfatídeos (BUCKMAN e BRADY, 1968).

A fitina é absorvida diretamente pelos vegetais. Os ácidos nucleicos são degradados por enzimas, na superfície das raízes, e o P é então assimilado seja na forma orgânica ou inorgânica. No entanto, existe déficit de P para a vegetação, mesmo em presença de consideráveis formas orgânicas de P. Como no caso do fósforo inorgânico, o problema está na indisponibilidade do P (BUCKMAN e BRADY, 1968).

A disponibilidade do P para as plantas depende, entre outros, de fatores importantes:

(1) Decomposição da matéria orgânica

Como pequenas quantidades de P das combinações minerais complexas dos solos ficam disponíveis de forma muito lenta, as fontes orgânicas tornam-se muito importantes. A disponibilidade do P oriundo da matéria orgânica depende (BUCKMAN e BRADY, 1968):

- do teor deste elemento no solo;
- da decomposição da matéria orgânica no solo (processo lento e dependente de microorganismos, cuja atividade é regulada pela temperatura, sendo maior entre 30 – 40°C);

- da mineralização dos principais compostos fosfóricos da matéria orgânica (fosfoinositóis, ácidos nucleicos, fosfolipídeos), pelas fosfatases (oriundas dos microorganismos e das raízes).

Em conseqüência, formam-se:

- a) ácidos orgânicos – os quais podem formar complexos com Al e Fe, evitando a formação de compostos insolúveis destes minerais com os fosfatos;
- b) ácidos inorgânicos – que degradam fosfatos insolúveis disponibilizando o fósforo para as plantas.

Em solos ácidos o P proveniente da matéria orgânica pode tornar-se indisponível. A fitina (hexafosfato de inositol) torna-se inassimilável pelas plantas pela formação de fitatos (complexos insolúveis com ions de Fe e Al), é da precipitação do fitato de cálcio (em solos alcalinos).

(2) pH do solo – acidez e alcalinidade.

Este é o fator mais importante. O íon específico de fosfato ao alcance dos vegetais superiores parece ser, em grau considerável, determinado pelo pH do solo. Quando o pH é nitidamente alcalino o P solúvel sob a forma de íon HPO_4^{2-} . À medida que o pH diminui e o solo se torna moderadamente ácido, existe possibilidade de ocorrência de ambos os íons, HPO_4^{2-} e H_2PO_4^- , enquanto que, com o aumento da acidez, o P se apresenta principalmente sob a forma do íon H_2PO_4^- . Ambas as formas são absorvíveis pelos vegetais superiores (ANDREW e JOHANSEN, 1978; BUCKAMAN e BRADY, 1968).

Com o pH entre 6,0 – 6,5 a “disponibilidade” dos macro e microelementos do solo é mais equilibrada (BUCKMAN e BRADY, 1968; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992). A solubilidade do P é máxima com pH de 5,0 a 6,5; com acidez alta (pH < 5,0), em presença de grandes quantidades de Fe e Al, formam-se compostos fosfatados insolúveis, advindo sintomas de deficiências nas forrageiras (HAAG e DECHEN, 1994). Em solos neutros e alcalinos ocorre formação de complexos insolúveis dos fosfatos com cálcio trivalente, este indisponível às plantas. Deste modo, mudanças no pH causam, conseqüentemente, mudanças na disponibilidade de P.

No melhoramento de campos naturais com leguminosas, um dos fatores limitantes é a acidez do solo. (BEN et al., 1998a; LOBATO, 1972; MACEDO

et al., 1979; VINCENZI, 1998). Para a maioria dos solos, o calcário é necessário, como corretivo de acidez e neutralizador de elementos tóxicos, principalmente o alumínio, bem como fonte de nutrientes essenciais como o cálcio e magnésio. Neste contexto, uma das questões principais é a aplicação superficial de calcário e de P, que são considerados de pouca mobilidade no solo (VINCENZI, 1998). Dada a imobilidade do P no solo, nas aplicações em cobertura o nutriente permanecerá concentrado nos primeiros 2 cm, na maioria dos solos (ZAMALVIDE, 1998). Efeito semelhante ocorre com a calagem superficial, que eleva o pH do solo, neutralizando o alumínio trocável na camada 0-2 cm (BEN et al., 1998ab), o que viabiliza a maior disponibilidade de P.

- (3) Disponibilidade de P inorgânico e a precipitação pelos íons ferro, alumínio e manganês (BUCKMAN e BRADY, 1968).

Em solos ácidos da região da Campanha, o P combina-se com Al e Fe. Formam-se fosfatos insolúveis devido formação de precipitados de Fe e Al (SANTOS, 1997).

- (4) Fixação pelos minerais de argilas silicatadas.

- (5) Interações entre os minerais (sinergismo e antagonismo).

O Ca apresenta efeito sinérgico com o P, e antagônico com Mn, Fe, Zn e Al. Quando Fe e Al encontram-se em concentrações elevadas tornam-se tóxicos para as forrageiras. Indisponibilizam o P para absorção pelas plantas. Além disso, o gado criado a pasto ingere muito solo. A literatura menciona a ingestão de até 600 kg de solo por ano, por uma vaca de 450 kg. Em solos tropicais ácidos os altos níveis de Al e Fe ingeridos prejudicam o metabolismo de utilização do P no aparelho digestivo (CARVALHO et al., 2003).

Os minerais Al e Fe no solo, tanto na solução do solo como na forma de óxidos hidratados, são considerados como os principais agentes responsáveis pela fixação química dos fosfatos no solos. A maior parte do fosfato é precipitada quando o Al e o Fe são extremamente ativos em solos muito ácidos, e a fixação decresce a medida que o pH aumenta (ROSA, 1980).

Nos solos mais ácidos da região sul do Rio Grande do Sul constatou-se que a disponibilidade do P é afetada negativamente pelo Fe e Al. Estes solos

apresentaram teores mais altos de Al e Fe no período quente, quando o P é menos disponível (ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1997). Notou-se também que a absorção do P pelas plantas é afetada negativamente pelo K e pelo Mn (SANTOS, 1997). Altas concentrações de K prejudicam a absorção do Mg, ocorrendo inibição competitiva do K sobre o Mg., uma vez que os dois elementos competem pelo mesmo sítio na absorção. Daí haver menor aproveitamento do P pelas plantas, pois o Mg é o “carregador” do P. A fixação do P no solo é um problema que limita muito o uso de correção química na região do Cerrado, Brasil Central. Este é um dos fatores mais limitantes para o aumento da produtividade das pastagens nos solos do Cerrado. Foi observado que o P retido pelo solo, seis meses após ser adicionado como fertilizante, foi na ordem de 95%, 89% e 82% em média, para três tipos de solo (CARVALHO et al., 2003).

A erosão também é um fator que provoca perda de P no solo, pois o elemento é pouco solúvel e tem movimentação limitada no solo. A parte do P que está na matéria orgânica, que localiza-se na camada superficial do solo, é mais suscetível a erosão pluvial e eólica.

Em solos não perturbados no Rio Grande do Sul, geralmente, a concentração de fosfatos na solução do solo é muito baixa (AGOSTINI e KAMINSKI, 1976; ALFAYA et al., 2000a; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; BARCELLOS et al., 2003; DRESCHER et al., 1995; SANTOS, 1997). Estes solos pobres em P produzem forragens com baixos teores de P e, conseqüentemente, causam deficiências nos animais em pastejo, detectados pelos baixos níveis de P no soro de sangue (ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1997).

Levantamentos realizados em solos virgens de diferentes regiões de pecuária do Rio Grande do Sul, indicaram teores médios de P entre 0,6 a 7,0 ppm (AGOSTINI e KAMINSKY, 1976; ALFAYA et al., 2000a; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; SANTOS, 1997; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990). No Rio Grande do Sul, conforme Drescher et al. (1995), os resultados de 58.238 amostras de solo analisadas em 1988, por onze laboratórios da ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e Tecido Vegetal – RS/SC) indicaram que:

(1) Os solos do Estado apresentaram baixos valores de pH, pois 32,5% apresentaram pH inferiores a 5,0 e somente 6,6% pH superiores a 5,9. Os

teores de P eram baixos, pois 73% das amostras apresentaram teores menores que o nível crítico (classe de disponibilidade de “Limitante” a “Médio”);

(2) Na microrregião Alto Camaquã, que inclui municípios da Serra do Sudeste, das 864 amostras analisadas, 36,3% dos solos apresentaram pH ácido (inferior a 5,0), 85% pH inferior a 5,5, e somente 1,6% pH superior a 5,9. Cerca de 80% dos solos possuem teores de P menores que o nível crítico.

O P no solo apresenta dinâmica bem definida durante o ano, conforme os resultados obtidos em três tipos de solos na região da Campanha. O menor teor de P na solução do solo foi observado entre os meses de novembro a fevereiro, o que corresponde ao período final de primavera-verão. Aumentos ocorreram a partir do final do verão, e este aumento estendeu-se até a metade do outono, quando verificou-se um pico anual deste mineral no solo. A partir do final do outono o teor médio do P declinou levemente até o final do inverno (ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1997).

O manejo e as cargas animais influenciam na reciclagem do P e seus teores no solo. Assim, Oliveira (1993), em Bagé, relata resultados obtidos em solo do tipo Luvisolo, fertilidade original média, quando uma pastagem de estação fria (azevém, trevo-branco, cornichão) foi utilizada por 14 anos com diferentes lotações: 1 UA/ha (baixa), 1,5 UA/ha (média) e 2 UA/ha (alta). Ao final do estudo, verificou-se diferentes níveis de P-extraível no solo (12,0, 12,5 e 17,0 ppm, respectivamente). Houve aumento no P- extraível no solo com o aumento das lotações, devido a intensificação na reciclagem de P através dos animais. Amostras de solo foram retiradas para um experimento em casa de vegetação, quando o trevo-branco foi cultivado com diferentes níveis de adubação. A resposta de produção do trevo-branco aumentou conforme os níveis de P-extraível no solo, bem como com o aumento nas doses de P. A menor resposta do trevo foi obtida quando o P foi aplicado no solo onde já havia 17 ppm de P-extraível. Com 17 ppm de P-extraível, apenas 20 kg/ha de P_2O_5 foi suficiente para manter a produção do trevo-branco. Os níveis de adubação fosfatada variaram de 0 a 160 kg/ha de P_2O_5 . Um aumento no nível de P no solo esteve associado a um aumento significativo na concentração de P nos tecidos de planta (0,30 para 0,34%). A concentração total de P no tecido das plantas ficou acima dos valores críticos para o trevo-branco (OLIVEIRA, 1993), que

encontram-se entre 0,20 a 0,25% (DUNLOP e HART, 1987). A produção total do trevo-branco aumentou em 44% quando o P-extraível no solo passou de 12 para 17 ppm. No solo com 17 ppm de P-extraível, a menor resposta do trevo-branco aos aumentos nos níveis de adubação, sugerem que o nível crítico de P para o solo é 17 ppm (OLIVEIRA, 1993).

Estudos em solos hidromórficos da região agroecológica Litoral Sul também mostram que, aumentando-se os teores de P nos solos, há uma resposta positiva na produção de forragem de leguminosas de estação fria (REIS et al., 2003ab) e de estação quente (REIS et al., 2002).

2.2. Fósforo na pastagem

Normalmente as plantas absorvem P como $H_2PO_4^-$. Isto ocorre especialmente em condições de solos ácidos e neutros, embora o P também possa ser absorvido como HPO_4^{2-} e formas orgânicas (ANDREW e JOHANSEN, 1978; BUCKMAN e BRADY, 1968).

A passagem dos nutrientes do solo para as plantas ocorre por interceptação pelas raízes, fluxo de massa e difusão.

A interceptação radicular ocorre quando os nutrientes entram em contato com as raízes, no processo de alongamento e movimentação destas no solo. Geralmente, a quantidade de nutrientes que contatam diretamente com as raízes das plantas é pequena em comparação com a demanda total de nutrientes. Por essa razão, o fluxo de massa e a difusão são os processos mais importantes no qual as raízes recebem os nutrientes. No caso do P, o principal processo é a difusão, devido às pequenas quantidades que este elemento encontra-se no solo.

A absorção dos íons de fosfato da solução do solo ocorre em duas etapas. Na primeira, a difusão, os íons disponíveis na solução movimentam-se até as raízes. A segunda, a absorção, caracteriza-se pela passagem de íon para o seu interior (GOEDERT e SOUZA, 1986). Estes processos sofrem influências de fatores ambientais (externos) e da própria planta (internos), que determinam a maior ou menor absorção dos íons fosfato pelas plantas. Em geral, as espécies com alta velocidade relativa de crescimento (VRC) requerem altas concentrações de P para alcançarem produções máximas de forragem. Entretanto existem exceções, como: *Vulpia myuros*, gramínea anual de estação fria, que apresenta maiores produções com baixos níveis de P, mas tem uma VCR maior do que outras espécies forrageiras similares (ANDREW e JOHANSEN, 1978).

O P é elemento extremamente móvel nas plantas, deslocando-se facilmente dos tecidos mais velhos para os tecidos mais novos. Acumula-se nos vácuolos das células e encontra-se no citoplasma e núcleo das células. Concentra-se nos tecidos jovens e meristemáticos das plantas (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; CORSI e SILVA, 1994). O P está presente em estéres de carboidratos, nucleotídeos, ácidos nucleicos, coenzimas e fosfolipídeos (HAAG e DECHEN, 1994).

As principais funções que o P exerce nos vegetais são (BUCKMAN e BRADY, 1968; CORSI e SILVA, 1994; HAAG e DECHEN, 1994):

- Estrutural;
- Divisão das células;
- Participa da síntese protéica;
- Participa do metabolismo energético, na síntese e degradação de carboidratos;
- Formação de gordura e da albumina;
- Armazenamento e transferência de energia;
- Desenvolvimento das raízes, principalmente das raízes laterais;
- Fortalecimento da palha nas culturas de cereais, o que ajuda a evitar o acamamento;
- Resistência a determinadas doenças;
- Maturação das culturas, neutralizando assim a influência dos excessos de aplicação de nitrogênio;
- Floração e frutificação, inclusive formação de sementes;
- Qualidade das culturas, especialmente de forragens e leguminosas.

Os principais sintomas de deficiência de P observados em gramíneas forrageiras tropicais são (HAAG e DECHEN, 1994):

- Redução drástica no perfilhamento;
- Folhas com coloração verde-amarelada;
- Folhas mais velhas, além da coloração amarelada, apresentam secamento da ponta para a base, mais acentuado ao longo das margens. Em geral, é mais acentuado de um lado da folha do que do outro, dando-lhe um aspecto curvo. Poucas folhas vivas, ocorrendo secamento da planta.

O aporte de P para as plantas forrageiras, é a sua respectiva concentração no tecido, são influenciados por fatores como:

- Estádio da planta. Ocorre uma variação na composição mineral com o avanço no estágio das plantas. As concentrações de P nos tecidos diminuem com o desenvolvimento das plantas, quando medido em dias (MARTIN, 1993).

- Estações do ano (ABRAHÃO, 1985; AGOSTINI e KAMINSKY, 1976; ALBISTON, 1975; ALFAYA et al., 2000a; BRUM et al., 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; GAVILLON e QUADROS, 1970; MARTIN, 1993; SALOMONI et al., 1988; SANTOS, 1997; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990; VAN NIEKERK e SERRÃO, 1976; WINTER et al., 1990).

Nas diferentes épocas do ano, as variações nas temperaturas e chuvas exercem influências sobre a composição química das forrageiras. Nota-se redução dos teores de P nos tecidos das forrageiras nas estações ou períodos secos.

- Espécies forrageiras (CORSI, 1994; MARTIN, 1993)

Nota-se variação nos teores de minerais e de P em diferentes espécies forrageiras.

- Tipo de solo, em função do material de origem (MARTIN, 1993), e fertilizações (ANDREW e ROBINS, 1960ab; REIS et al., 2002).

Andrew e Robins (1969b) descrevem os efeitos do P nas concentrações de N, e nas concentrações totais e individuais dos cátions Ca, Mg, K e Na na parte aérea de 10 leguminosas tropicais e da alfafa (*Medicago sativa*). A concentração de N na parte aérea das plantas aumentou com a adição ao solo de níveis crescentes de fosfato, e excelentes correlações foram estabelecidas entre as concentrações de N e P na parte aérea. Os coeficientes de correlação variaram de 0,825 a 0,987, de acordo com as espécies. O efeito foi atribuído a pelo menos três funções: (a) desenvolvimento das raízes; (b) eficiência de nodulação, e (c) metabolismo das plantas. Os coeficientes de correlação para as espécies cultivadas em um solo argiloso foram maiores do que para as cultivadas em um solo solódico de textura leve. Os aumentos no suprimento de fosfato causaram pouco efeito nos teores de Ca, mas produziram reduções nas concentrações de K, particularmente no solo solódico (solo com baixo teor de K e menor CTC). No estudo, as concentrações dos minerais nas plantas refletiram a composição dos cátions trocáveis em cada solo, e as espécies diferiram quanto as suas concentrações de minerais.

Em geral, há uma correlação positiva entre o ganho de peso vivo dos animais e as concentrações de P na dieta alimentar, desde que a falta de outros nutrientes não seja restritiva (HENDRICKSEN et al., 1994; MCLEAN et al., 1990). O fato é mostrado por McLean et al (1990), no noroeste da Austrália, ao considerar os resultados conjuntos de quatro locais e períodos do ano: a correlação ganho de peso vivo x P na dieta alimentar foi significativa ($r = 0,58$).

Por outro lado, em situações de excesso de P na dieta, a excreção fecal é aumentada e, em animais em crescimento, as dietas com mais de 0,55% de P na matéria seca podem diminuir o ganho de peso (MÜHLBACH, 2003).

Os diversos levantamentos realizados sobre os teores de minerais nas pastagens naturais, de várias regiões tradicionais da pecuária de corte do Rio Grande do Sul, mostram teores anuais médios entre 0,09 a 0,14% de P na matéria seca. De uma maneira geral, os solos destas áreas são pobres em P, e geram baixas concentrações do mineral na forragem. Os teores de P nas pastagens foram considerados deficientes e insuficientes para suprir as necessidades da maioria das categorias animais, inclusive dos ruminantes menos exigentes (AGOSTINI e KAMINSKY, 1976; ALFAYA et al., 2000a; BARCELLOS et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; GAVILLON e QUADROS, 1970; MÜHLBACK, 2003; SALOMONI et al., 1988; SANTOS, 1997; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990).

Segundo Gavillon & Quadros (1970) as pastagens naturais do Rio Grande do Sul são predominantemente suficientes em Ca e deficientes em P, para ruminantes. Levantamentos realizados na primavera e no verão, em campos naturais de diversas regiões mostraram uma amplitude de 0,07 a 0,25% para os teores de P na matéria seca. Os autores definiram os teores de P na pastagem natural como de deficiência intensa, quando os valores são menores que 0,10%, e deficiência menos severa, com valores entre 0,11 e 0,16%. Poucos foram os valores encontrados de 0,17 a 0,22%, considerados por eles como suficientes para manutenção ou engorda de ruminantes. Os valores de Ca e P foram mais altos na primavera do que no verão. A deficiência de P acentuou-se no verão, explicado pelo crescimento menos intenso e secas, que ocorrem neste período.

Em regiões onde ocorre estação seca bem definida, em que as chuvas são poucas e mal distribuídas, como no Brasil Central, certas regiões da Austrália ou sul da África, em que as pastagens maturam e secam rapidamente, ocorre uma queda no conteúdo de P durante os períodos secos (ALBISTON, 1975; DAYRELL et al.,

1973; HENDRICKSEN et al., 1994; VAN NIEKERK e SERRÃO, 1976), já que o P concentra-se nos tecidos jovens e meristemáticos das forrageiras (CARVALHO & TRINDADE, 1992; CORSI e SILVA, 1994). Embora os níveis de P sejam menores durante os períodos secos, os animais não respondem a níveis mais elevados do mineral devido a limitações de proteína (MCLEAN et al., 1990; VAN NIEKERK e SERRÃO, 1976), energia e possivelmente Ca (MCLEAN et.al., 1990; WINTER et al., 1990).

Agostini e Kaminsky (1976) verificaram que os teores de P no tecido vegetal de pastagens naturais do Estado, na primavera e verão, variaram de 0,056 a 0,133%, definidos como deficientes e insuficientes para suprir as necessidades das categorias menos exigentes de ruminantes. As médias dos teores de P encontrados na primavera foram superiores às dos valores do verão, e estão em conformidade com os resultados de Gavillon e Quadros (1970).

Posteriormente, Cavalheiro e Trindade (1987, 1992) e Trindade e Cavalheiro (1990) publicaram resultados de levantamentos dos teores minerais em solos e pastagens naturais das regiões Depressão Central e Campanha, quando realizadas nas quatro estações do ano. Mostram que é baixa a concentração média de P nas pastagens naturais do Rio Grande do Sul, em torno de 0,12 – 0,13% na matéria seca, que, segundo os autores, não atendem as necessidades mínimas de manutenção de bovinos e ovinos. As amostras apresentaram uma amplitude de variação entre 0,05 a 0,24% durante o ano. Praticamente em todas as unidades de solo, onde foram coletadas amostras de forragem, em algum período de coleta, apresentaram valores extremamente baixos de P na forragem, como 0,05% do elemento. Os valores mais baixos foram encontrados no inverno-primavera, contrariamente aos valores encontrados por Gavillon e Quadros (1970) e Agostini e Kaminsky (1976).

Em pesquisa realizada em três tipos de solo, em Bagé (região da Campanha), constatou-se que (ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1997): (1) os teores de P são extremamente baixos no solo e na forragem do campo natural; (2) os teores de P na vegetação independem dos teores de P-extraível no solo, (3) os teores de P-extraível são baixos e insuficientes para suprir as necessidades das plantas durante o ano todo. Os maiores teores de P por kg da matéria seca foram verificados nos períodos principais de crescimento da vegetação (primavera-verão). Observou-se um quadro inverso nos teores de P na vegetação e no solo,

confirmando existirem dois “patamares” anuais de P-extraível no solo e duas épocas bem definidas: uma de “crescimento” e outra de “reciclagem” (ALFAYA et al., 2000a). Os teores de P na vegetação variaram entre 0,077 a 0,14%, dependendo do tipo de solo e época do ano. Os resultados indicam utilização intensa do P-extraível no solo pela pastagem no período primavera-estival, período de maior crescimento da vegetação do campo natural. A dinâmica do P na cadeia solo-pastagem-animal mostrou ser dependente do ecossistema e estações do ano (ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1997).

Também em Bagé, em solo do tipo Luvisolo, textura argilosa, constatou-se um teor médio anual de P na vegetação do campo natural de 0,09% (espécies com ocorrência mais freqüente *Paspalum notatum* e *Axonopus affinis*). Os teores mensais de P na matéria seca da forragem variaram de 0,07 a 0,11 ao longo do ano (SALOMONI et al., 1988).

Em Pinheiro Machado-RS, município localizado na região agroecológica Serra do Sudeste, reporta-se que os teores médios de P na matéria seca da pastagem natural são 0,13%. Estes níveis variaram de acordo com a estação do ano, dependendo dos locais amostrados, nas seguintes amplitudes: 0,08 a 0,18% no inverno; 0,12 a 0,18% na primavera; 0,08 a 0,16% no verão, e 0,09 a 0,17% no outono (TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990).

No oeste das províncias de Chaco e Formosa, norte da Argentina, diagnosticou-se, nos meses de novembro e dezembro, o estado de nutrição mineral da vegetação de campos naturais e de bovinos de corte, em 11 estabelecimentos rurais, distribuídos em três áreas ecológicas homogêneas, sendo que 44% das amostras de forragem foram consideradas como deficientes em P (BALBUENA et al., 1989).

Nos campos naturais do Planalto de Santa Catarina, região Campos de Lages, os teores de P encontrados na forragem e nos ossos de animais sugerem uma deficiência generalizada de P para bovinos de corte. Amostras de forragem coletadas no final do verão e final do inverno mostraram valores na amplitude de 0,09 a 0,11% e 0,07 a 0,12% de P na matéria seca, respectivamente (ABRAHÃO, 1985).

Nas gramíneas forrageiras cultivadas de estação quente (gramíneas tropicais), os teores de P encontrados na parte aérea podem atingir patamares bem maiores, dependendo das adubações e do manejo. Em revisão bibliográfica

coabrindo exigências nutricionais dessas gramíneas, Corsi (1994) cita que, em espécies de *Cynodon* spp. (capim-bermuda), cortadas a cada quatro ou cinco semanas, os níveis críticos são 0,20 – 28% de P na parte aérea. Aponta como deficientes os teores menores que 0,16% e adequados entre 0,26 – 0,34%. Para outras espécies de gramíneas cultivadas de estação quente, os níveis críticos encontram-se, em média, entre 0,21 – 0,25%.

Conforme evidências mostradas por vários autores, as tabelas de exigências nutricionais para diferentes espécies animais, ídem para o gado de corte, estariam superestimadas (BARCELLOS et al., 2003; CALL et al., 1968; COATES e TERNOUTH, 1992; EVANS e DAVIS, 1966; GARTNER et al., 1980; HENDRICKSEN et al., 1994; LITTLE, 1980). Como exemplo, as exigências de P para o crescimento e terminação de novilhos e novilhas, em base de matéria seca consumida, oscilam entre 0,17 a 0,28%, segundo o National Research Council (NRC) de 1984 (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992), sendo mantidas no National Research Council de 1996 (NRC, 1996).

Segundo Little (1980), os padrões nutricionais publicados por Agricultural Research Council (ARC) e National Research Council (NRC) são amplamente usados e aceitos na nutrição de bovinos de corte. Segundo o autor, no ARC de 1965 consta que bovinos jovens de aproximadamente 200 kg de peso vivo, ganhando 0,5 kg/dia, é calculado que estes animais necessitam uma concentração de P na dieta de 0,20%, podendo baixar até 0,16%. Ainda, segundo Little (1980), no NRC de 1976 a recomendação para esta classe de animais é ainda maior, e encontra-se entre 0,20 a 0,26% de fósforo na dieta. O autor sugere, entretanto, que o nível adequado pode ser obtido com uma concentração de fósforo na dieta de 0,12%, uma vez que evidências sugerem que para o crescimento de gado jovem, as recomendações da ARC e NRC podem ser reduzidas em aproximadamente 35%, sem que ocorra deficiência deste mineral. Gartner et al. (1980) também apontam um teor de P bem mais baixo (0,12%) do que aqueles apontados nas tabelas de exigências nutricionais emitidas pelos conselhos, como adequado para bovinos jovens em crescimento com ganho diário de 0,5 kg/dia. Call et al. (1978), em estudo com novilhas Hereford conduzido por 24 meses, não constataram diferenças no ganho de peso médio (0,45 kg/dia) de animais alimentados com 0,14 e 0,36% de P com base na matéria seca. Barcellos et al. (2003) citam que novilhos de 250 kg de peso vivo necessitam diariamente de 11g de P para ganharem 0,500 kg/dia, sendo necessário que a dieta

contenha pelo menos 0,13% de P na matéria seca. Já Evans e Davis (1966) demonstram que, para novilhos da raça Jersey (pesos entre 270 e 555 kg), apenas as dietas com menos de 0,16% de P refletiram deficiência para os animais e para os microorganismos do rúmen.

2.3. Fósforo no animal

A composição do corpo dos animais adultos expressa-se em base desengordurada. A composição geral dos animais domésticos é: água – 75%; proteína – 20% e matéria mineral – 5%. Dos noventa minerais de ocorrência normal na terra, apenas 26 apresentam características para serem essenciais aos animais. O Ca e o P são os dois elementos inorgânicos mais abundantes no corpo animal, compreendendo mais de 70% das suas cinzas (PEIXOTO e MAIER, 1993).

Depois do Ca, o P é o segundo mineral mais abundante nos animais e participa com 1% da composição mineral do corpo. Está presente em todas as células do organismo. Cerca de 80 a 85% do P encontra-se nos ossos e dentes, em combinação com Ca sob a forma de hidroxiapatita, e o restante nos tecidos moles (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; CONRAD e SOUZA, 1976; MÜHLBACH, 2003).

As principais funções que o mineral P exerce nos animais são (CARVALHO et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; DAYRELL, 1986; MARTIN, 1993; MÜHLBACH, 2003; SANTOS, 2000):

- Formação essencial do esqueleto;
- Formação da proteína e metabolismo dos aminoácidos;
- Formação do tecido muscular, dos tecidos moles, dos tecidos nervosos e glóbulos vermelhos;
- Manutenção da pressão osmótica e equilíbrio ácido-base do sangue, dos líquidos celulares e intracelulares;
- Transmissão genética e controle do metabolismo celular, como um componente dos ácidos nucleicos;
- Necessário para a utilização eficiente dos alimentos. É fundamental para o metabolismo da microbiota ruminal durante a fermentação no rúmen, causada principalmente pelas bactérias celulóticas que digerem a fibra. O P chega ao rúmen através da saliva, onde sua concentração é controlada pelo

gradiente de absorção intestinal. Quando a dieta é pobre em P haverá pouco P no intestino, e imediatamente caí a sua concentração na saliva;

- Funções metabólicas variadas:

(a) Utilização e transferência da energia, através do sistema ADP-ATP: os carboidratos, tais como a glicose, são absorvidos no intestino como compostos fosforilados;

(b) Formação de fosfolipídios: necessários para a absorção, movimentação, deposição e utilização das gorduras;

(c) Participa do metabolismo dos lipídios, na forma de fosfolipídios;

- Componente ou ativador de sistemas enzimáticos, que tem funções metabólicas vitais, que envolvem: utilização e produção de energia, pela formação do ATP; formação dos fosfolipídios das membranas celulares; fosfoproteínas; adenosina-monofosfato cíclica; guanina-monofosfato cíclica; 2-3 Difosfoglicerato (responsável pela liberação do oxigênio, pela hemoglobina, na oxigenação das células);

- Secreção normal do leite;

- Ganho de peso;

- Eficiência reprodutiva.

Dentre as inúmeras funções do P no organismo animal, talvez a mais importante seja a participação no metabolismo celular, por fazer parte dos mecanismos bioquímicos ligados ao metabolismo energético (MARTIN, 1993).

As glândulas salivares dos ruminantes concentram P em suas volumosas secreções, e então há substancial reciclagem deste mineral (AAC, 1994). Em animais adultos, a salivagem pode chegar a 180 litros por dia. Na Austrália foi observado que a concentração de P na saliva está relacionada positivamente com o P inorgânico no plasma do sangue, e que o grau de produção é influenciado pelo consumo de alimento e fibrosidade do mesmo. Isto levou Ternouth (1989) a sugerir que a excreção de P pela saliva, e também a excreção endógena do P fecal, podem ser relacionadas com o P inorgânico do plasma de sangue e consumo de matéria seca.

A absorção do P ocorre principalmente no duodeno, que é a parte principal e mais curta do intestino delgado. O P absorvido é rapidamente retirado do sangue e

fixado nos ossos e dentes para ser usado na dinâmica do seu metabolismo, principalmente na fase de crescimento (CARVALHO et al., 2003; DAYRELL, 1986).

Como para a maioria dos nutrientes, a absorção e reciclagem do P são maiores em animais que estão em fases de maior exigência, que são: crescimento, reprodução e principalmente lactação (CARVALHO et al., 2003).

Quanto maior for a necessidade e maior a deficiência de P na dieta, maior será a capacidade de absorver e utilizar o fósforo pelo organismo animal. É a “lei da compensação” que rege a natureza: maximizar a absorção e minimizar a perda (CARVALHO et al., 2003; DAYRELL, 1986).

A absorção do P é influenciada pelas fontes de P (biodisponibilidade no alimento), idade dos animais, e a presença de outros nutrientes, como: lipídios, lactose, cálcio, ferro, alumínio, potássio, magnésio e manganês. A absorção e utilização do P é estimulada pela vitamina D (AMMERMAN, 1965; CARVALHO et al., 2003; CARVALHEIRO e TRINDADE, 1992; MARTIN, 1993).

A deficiência de P em animais criados sob condições de campos naturais é generalizada em todo o mundo. Mesmo quando a deficiência não é severa, ocorre diminuição nas produções de carne, leite e lã (ALBISTON, 1975).

Em severa deficiência na ingestão de P, os sintomas são (ALBISTON, 1975; BARCELLOS et al., 2003; CARVALHO et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; CONRAD e SOUZA, 1976; SANTOS, 2000):

- Redução no ganho de peso e conversão alimentar;
- Perda de peso;
- “Apetite depravado”. O gado roe e come ossos, madeira, solo e outros materiais estranhos a sua dieta normal. Ao ingerir ossos infectados com *Clostridium botulinum* e com a formação da toxina durante o processo de putrefação, ocorre quadro clínico de botulismo e morte;
- Problemas de locomoção, os ossos ficam frágeis;
- Enrijecimento das articulações;
- Baixa resistência orgânica;
- Nas fêmeas: falta de cio, baixa fertilidade e baixa produção de leite. Os cios são irregulares, ocorre redução na atividade ovariana (hipotrofia ovariana) e aumento de cistos foliculares. A eficiência reprodutiva fica comprometida;
- Animais maturam tardiamente.

A deficiência de P tem efeito imediato na maioria das células, devido a sua participação na estrutura dos ácidos nucleicos que formam o DNA e o RNA, que são responsáveis pela reprodução celular. Quando a reprodução celular fica comprometida, não há crescimento e renovação dos tecidos que formam o corpo; ocorre assim uma parada no crescimento e manutenção do peso corporal. Ocorre subdesenvolvimento corporal, que pode levar à morte do animal, por doenças secundárias, causadas por microorganismos ou parasitos patogênicos (CARVALHO et al., 2003).

A mais importante perda econômica na criação de bovinos na América Latina, causada por deficiências minerais, provavelmente é a diminuição da eficiência reprodutiva devida às deficiências de P (FICK et al., 1976).

A função do P na reprodução é indireta, pela sua participação na fermentação ruminal, no metabolismo energético e protéico dos bovinos. Diretamente, por sua participação na síntese dos lipídios e adenosina monofosfato (AMP cíclico), que estão envolvidos no controle e ação dos hormônios. Quando o bovino está subnutrido, cessa a sua atividade reprodutiva, para que seja garantida a sua sobrevivência (CARVALHO et al., 2003). Mesmo de forma indireta, todos os minerais e vitaminas tem alguma relação com funções reprodutivas em bovinos (SANTOS, 2000).

As deficiências de P podem ser prevenidas por suplementação indireta, como adubação das pastagens e campos naturais, ou suplementação direta, como fornecimento de misturas minerais ou sais injetáveis (ALBISTON, 1975; CARVALHO et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; DAYRELL, 1984; DAYRELL et al., 1973; MCLEAN et al., 1990; WINTER et al., 1990).

Os sinais clínicos da deficiência de P nos animais não são específicos para a deficiência de P, e então o diagnóstico depende de técnicas analíticas. A análise do P inorgânico do soro de sangue é considerada como técnica suficientemente sensível e recomendada na prática do diagnóstico de deficiência de P (AAC, 1994; CONRAD e SOUZA, 1976; FICK et al., 1976; FICK et al., 1980).

Na Austrália, correlações positivas altamente significativas foram encontradas entre o consumo de matéria seca e o P inorgânico, no plasma do sangue, em vacas lactantes e ovelhas jovens. Assim, os efeitos primários das

deficiências de P na produção animal podem ser monitorados com o P inorgânico do plasma (AAC, 1994).

Hendricksen et al. (1994) mostraram, na prática, que com o aumento do suprimento de P aos animais (na adubação de pastagens ou suplementação) ocorreu um aumento proporcional no consumo diário de P, e na concentração de P inorgânico no plasma de sangue de novilhos, e no ganho de peso dos novilhos.

No Rio Grande do Sul há poucos estudos conduzidos cientificamente, envolvendo a dinâmica dos minerais na cadeia solo-pastagem-animal ao longo do ano. Especificamente com relação ao P, destaca-se a pesquisa conduzida por Alfaya & colaboradores, em três áreas de campo natural não perturbado, na região da Campanha (ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1977). Os teores médios de P no soro de sangue de novilhas, na média anual das amostragens, foram 3,834; 4,446 e 3,914 mg/100ml, respectivamente, para os solos do tipo Neosolo Litólico, Luvisolo Hipocrômico e Planossolo Háplico (SANTOS, 1977). Estes níveis são baixos, e inferiores aos teores de P inorgânico considerados normais até para vacas adultas, apontados como sendo entre 4,5 – 6,5 mg/100 ml de soro de sangue (DAYRELL e DERESZ, 1984). Para vacas mestiças em lactação Dayrell e Deresz (1984) consideram 4,5 mg/100 ml como o limite inferior normal. Para vacas de corte em lactação, na região do Pantanal Matogrossense, Brum et al. (1980) consideram como normais níveis de P no soro de sangue de 4,0 mg/100ml. Os animais amostrados apresentaram nível sérico médio de 3,7 mg/100 ml, sendo constatadas deficiências de P nos solos, forrageiras e animais.

Conrad e Souza (1976) consideram que os níveis normais de P inorgânico no soro de sangue de bovinos são: 6 mg/100ml em animais adultos, e 6 a 8 mg/100ml em animais jovens, e citam que decréscimos nestes níveis constituem-se em medidas biológicas sensíveis na determinação de deficiência de P. Para Schmidl e Forstner (1985), os níveis normais para bovinos muito jovens encontra-se entre 8 a 11 mg/100ml de P inorgânico no soro sanguíneo. Para animais adultos a faixa de normalidade estaria entre 5 a 7 mg/100ml de P no soro de sangue, e citam que novilhas apresentam níveis mais altos.

Para o Albiston (1975) e o Australian Department of Health, como regra, os sinais clínicos só aparecem quando os níveis no sangue baixam dos normais 4 a 5 mg/100ml de plasma para 1,5 a 3,5 mg/100ml.

Para novilhos, Dayrell et al. (1973) consideram deficiência moderada valores ao redor de 5 mg/100 ml de P no soro de sangue.

No Planalto Catarinense (região Campos de Lages) foi conduzida uma avaliação da condição mineral do complexo solo-planta-animal, em cinco propriedades rurais que exploram a bovinocultura de corte, em campo natural. Coletou-se solo, forragem e, nos animais, sangue, fragmentos de costela e amostras de fígado. As épocas de coleta foram: final do verão e final de inverno. Nas amostras de costela (osso seco e desengordurado) os níveis mínimos e máximos de P para os dois períodos foram 15,5 a 17,5% e 16,4% a 17,4%, para o verão e inverno, respectivamente. No plasma sangüíneo os níveis médios (mínimos e máximos) de P para o verão e inverno foram respectivamente 3,3 a 7,0 e 5,03 a 6,9 mg/100 ml. Os níveis de P encontrados na forragem e nos ossos sugerem uma deficiência generalizada de P para bovinos de corte (ABRAHÃO, 1985).

Os animais mais jovens são mais exigentes quanto aos teores de P na alimentação, e normalmente os níveis séricos de P inorgânico são mais elevados do que os de animais mais velhos. Assim, verificou-se na região de Brasília, Distrito Federal, que o nível sangüíneo de P diminuiu com o avanço na idade dos animais. Os animais machos jovens da raça Holandesa e os mestiços (6,80 e 7,83 mg/100 ml de P inorgânico no soro de sangue) apresentaram níveis mais altos do que os adultos (4,95 para os mestiços e 6,05 mg/100 ml para os holandeses). Novilhos entre 1 e 3 anos apresentaram níveis séricos de P inorgânico da ordem de $6,60 \pm 0,88$ mg/100 ml (DAYRELL et al., 1972).

No oeste das províncias de Chaco e Formosa, norte da Argentina, nos meses de novembro e dezembro, vacas em lactação e animais em crescimento apresentaram, respectivamente, 67% e 22% do total de plasma com níveis de P inorgânico inferiores a 4,5 mg/100ml, abaixo do qual foi considerado deficiente (BALBUENA et al., 1989).

Nas condições climáticas do Distrito Federal (DAYRELL et al., 1972), Minas Gerais, (DAYRELL e DERESZ, 1984), Rio Grande do Sul (SANTOS, 1977), Santa Catarina (ABRAHÃO, 1985), Mato Grosso (BRUM et al., 1987), ou em outros locais, como noroeste da Austrália (COATES e TERNOUTH, 1992) ocorrem oscilações nos níveis de P inorgânico no soro sangüíneo dos animais em pastejo durante o ano. Em conseqüência do que ocorre com os níveis de P no solo e pastagem, a dinâmica do P no soro de sangue dos animais é dependente do ecossistema e estações do

ano (ALFAYA et al., 2000a; BRUM et al., 1987; COATES e TERNOUTH, 1992; SANTOS, 1997). Por exemplo, em condições de climas com estações chuvosas e secas bem definidas, como no Distrito Federal, Minas Gerais e Mato Grosso, os valores mais baixos de P no soro de sangue coincidem com os meses correspondentes ao inverno, época da seca (DAYRELL e DERESZ, 1984; DAYRELL et al., 1973; LOPES et al., 1973), quando as pastagens apresentam-se maduras e com acentuada queda no conteúdo de P (ALBISTON, 1975; DAYRELL et al., 1973; HENDRICKSEN et al., 1994; LOPES et al., 1973; SOUZA et al., 1979; VAN NIEKERK e SERRÃO, 1976).

2.4. Inter-relações do fósforo na cadeia solo-pastagem-animal

As inter-relações do P e demais minerais no solo, pastagem e animal são complexas e pouco estudadas e conhecidas no Rio Grande do Sul. Merecem uma atenção especial da comunidade científica para que seja possível melhorar os índices de produtividade animal com base em pastagens naturais (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992).

A passagem dos nutrientes do solo para as plantas, e destas para os animais depende, principalmente, da capacidade do ambiente (clima, solo, vegetação) em supri-los adequadamente. O tema é complexo e envolve muitas variáveis. A inter-relação solo-planta-animal é mais complexa do que as inter-relações solo-planta ou planta-animal (CONRAD e SOUZA, 1976). Assim sendo, a passagem do fósforo – cuja origem é o solo – até o animal deve ser examinada desde a sua origem, e incluir as variáveis que influenciam a presença, a disponibilidade e a qualidade das diversas espécies forrageiras da vegetação. Deve incluir também fatores relacionados aos próprios animais, como: espécies, raças, aptidão produtiva, sanidade, condição fisiológica e seletividade.

Há também que considerar os fatores que desencadeiam: (1) a “facilitação”, ou melhoria de absorção (sinergismo), e (2) a inibição de absorção, ou a “indisponibilização” ou complexação do P e demais minerais nas suas passagens na cadeia solo-pastagem-animal. Há várias questões de difícil resposta, tais como a determinação da importância relativa de cada fator para cada mineral.

A discussão em separado de todos os fatores influentes é tarefa árdua, pois existem inquestionáveis e sutis associações e sobreposições (“overlapings”) ao

longo da cadeia solo-pastagem-animal. Mesmo assim, procurou-se apresentar e discutir a passagem do fósforo nesta cadeia segundo os sub-ítem a seguir.

2.4.1. Fatores que influenciam a dinâmica do fósforo na cadeia solo-pastagem-animal

Os fatores ambientais, ou intrínsecos das plantas, que influenciam ou inibem a passagem no segmento solo-planta dos nutrientes inibem, conseqüentemente, a passagem no segmento planta-animal. No processo, há muita dependência do ecossistema (ALFAYA et al., 2000 ab; BRUM et al., 1987; COATES e TERNOUTH, 1992; SANTOS, 1997). É difícil de mensurar a importância relativa de cada fator para cada mineral. Mesmo considerando que o P é o objeto principal de interesse, muito dos fatores, a seguir mencionados, são gerais para os vários minerais:

(1) Fatores concernentes ao solo

- A capacidade do solo de “repor” os nutrientes retirados (capacidade “tampão”). Um solo com baixa capacidade “tampão” é menos capaz de manter uma alta concentração de nutrientes na superfície das raízes do que um solo com alta capacidade tampão;
- Poder de absorção das raízes. Existem variações entre espécies vegetais quanto a capacidade de absorção de P e outros nutrientes (CTC diferente);
- Massa de raízes, comprimento de raízes, superfície de raízes, densidade de raízes, pilosidade;
- Os níveis de elementos tóxicos como Al, Mn e H (pH) do solo podem reduzir o crescimento das raízes;
- A taxa de difusão de cada nutriente (depende do tipo de solo, umidade e da capacidade “tampão” para cada nutriente);
- Concentração do nutriente na solução do solo (P-extraível) e interação com outros minerais (dependente também do nível de complexação).
- Solos salinos

Os solos salinos são comuns nas zonas litorâneas do Rio Grande do Sul. O problema aparece, como mais grave na bacia da Lagoa dos Patos onde águas salobras ou salgadas inundam temporariamente as áreas. Em muitas lavouras de arroz a irrigação com água salobra foi praticada. Com o passar dos anos, os solos acumularam altos teores de Na⁺.

Os solos salinos contêm excesso de sais neutros, tais como os cloretos e sulfatos de Na^+ e Mg^+ .

Em períodos de seca, os solos salinizados seguidamente mostram afloração branca dos sais na superfície.

A concentração total de ions na solução de solo salinos pode atingir níveis que provocam a plasmólise das células das raízes.

As radículas de sementes em germinação são particularmente sensíveis as altas concentrações de ions Na^+ na solução do solo. Um outro problema desta alta concentração é a resultante *alta pressão osmótica*, que retém a água no solo e a torna menos disponível para as raízes das plantas. Com isso, o crescimento das plantas em solos salinos é restrito devido a falta de água. Isto porque a disponibilidade de água depende não somente do total de água presente no solo, mas da “força” com que a água é retida nas partículas do solo.

Em condições de estiagem, este fenômeno torna-se ainda mais crítico. Quanto menos água absorvida, menos nutrientes passam pelo sistema solo-planta-animal. Conseqüentemente, há uma inibição da passagem do P.

A composição ionica da solução destes solos afetados pelo sal é seguidamente desbalanceada para haver um crescimento normal de plantas, mostrando baixos níveis de Ca^+ e K^+ . Concentrações tóxicas de alguns outros íons pode ocorrer, como boratos, e principalmente bicarbonato, cloreto, Na^+ e Mg^{2+} . Em condições mais anaeróbicas, F^{2+} e sulfito podem atingir níveis tóxicos.

- Intensidade e quantidade de suprimento do nutriente.

A disponibilidade depende não somente da concentração do mesmo no solo (P-disponível, como exemplo), mas também da “habilidade ambiental” em mantê-lo em adequada concentração durante todo o ciclo produtivo. Existem fatores físicos do solo importantes, como a compactação e aeração, que interferem na elongação e funcionamento das raízes.

A presença em excesso de um nutriente também pode deprimir a absorção de um outro (antagonismo entre nutrientes).

(2) Fatores ambientais e sazonais

A composição mineral das forrageiras varia de acordo com numerosos fatores, entre os quais se destacam a idade das plantas e estágio vegetativo, as diferenças entre espécies, e ainda entre cultivares, o solo (tipo e fertilidade), as estações do ano, a parte da planta, o clima, a sanidade e o pastejo (BAVERA e BOCCO, 1987; MARTIN, 1993).

Assim sendo, variações climáticas, durante as distintas estações do ano, como luminosidade, temperatura e precipitações, podem justificar variações na composição florística e química das pastagens ao longo do ano. Em geral, em anos úmidos, quando existe um maior crescimento, há maior conteúdo de P nas pastagens. Mas, por outro lado, quando uma forragem velha acumulada (matura) é submetida a lavagem pela chuva, ocorre uma diminuição no conteúdo de minerais e nutrientes orgânicos, que repercute em um menor consumo dos mesmos pelos animais.

Tais fatores influentes na dinâmica do P, como estação do ano, umidade do solo, temperatura, serão abordados a seguir.

- Estações do ano

Em solos não perturbados evidenciou-se que o P-extraível apresenta patamares bem definidos durante o ano, segundo mostram Alfaya et al.(2000a) e Santos (1997). Estes resultados, até o momento, servem como padrão para a discussão dos efeitos da estacionalidade na dinâmica do P em campos naturais da metade Sul do Rio Grande do Sul.

A complexação pode ser influenciada pelas estações do ano. Ao longo das estações climáticas ocorre maior ou menor presença dos íons Fe e Al na solução do solo, para a fixação do fósforo, conforme Alfaya et al. (2000a) e Santos (1997.)

Em campos naturais com baixo teor de P notou-se (ALFAYA et al.; 2000a; SANTOS, 1997):

Primavera-verão: há menor P-extraível no solo, os teores são muito baixos. Efeito da complexação do P por Fe e Al, e pelo maior crescimento das forrageiras no período, quando há maior consumo do P-extraível do solo.

Outono-inverno-início de primavera: há mais P-extraível no solo; o elemento é menos limitante. Diminui a complexação, por diminuírem os teores de Fe e Al no solo. Mesmo com o P menos limitante para a produção forrageira, não há respostas, pois há limitações de temperatura, luminosidade e comprimento do dia. A falta de resposta ocorre pela predominância de espécies de estação quente na

composição florística do campo natural (REIS et al., 2001). As limitações de temperatura e luz inibem o metabolismo e o crescimento das espécies de estação quente.

Por outro lado, as espécies de estação fria – adaptadas a menores temperaturas e luminosidade – são pouco presentes (REIS et al., 2001). Não utilizam na plenitude o pouco P-extraível. São na maioria espécies anuais, de ciclo curto, e sistema radicular pouco desenvolvido para explorar um grande volume de solo.

- Composição florística x estações do ano.

A vegetação ocorrente é fruto de uma condição ambiental dinâmica dada pela natureza e pela interferência de fatores antrópicos. Existem espécies com maior ou menor presença na composição florística e na forragem disponível, que apresentam maior ou menor capacidade de extrair P, bem como maior ou menor teor de minerais nos tecidos, maior ou menor qualidade e palatabilidade etc. A frequência de ocorrência (abundância) recebe influência das estações do ano, da umidade do solo, da fertilidade do solo, entre outros fatores.

Por exemplo, as leguminosas têm maiores teores de P do que as gramíneas. Assim, em áreas com poucas leguminosas durante o ano todo – em função de acidez e baixos teores de fósforo no solo - a composição florística também é um fator de inibição à passagem do P para os animais (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992).

- Relação entre precipitação pluvial e os teores de fósforo nas plantas

A falta de água é o principal fator que limita o crescimento das forrageiras, mesmo quando a fertilidade do solo e a temperatura são favoráveis (BALL et al., 1991). Reduções na absorção de nutrientes minerais (N, P e outros elementos) por plantas forrageiras, induzida pela falta de água, tem sido bem documentadas na literatura.

Um nível adequado de água é de tal importância para o funcionamento do sistema solo-planta, que há um grande número de interações entre a água e os nutrientes. Deste modo, a absorção de P aumenta quando há um nível adequado de umidade do solo, mas decresce quando há excesso.

Em trevo-branco, foi demonstrado que o suprimento de água, bem como o de N e P, afetam as relações parte aérea: raízes (DUNLOP e HART, 1987).

O P é um elemento que geralmente apresenta-se em baixa concentração nas pastagens, em condições de seca. Isto pode ser uma limitação importante para a produção animal, nas regiões onde os níveis de P no solo são baixos, como na maioria dos solos do Rio Grande do Sul. Assim, as épocas de estiagem, nas distintas estações do ano, podem resultar em forragem com baixas concentrações de P. E desta maneira, em níveis sub-ótimos no sangue dos animais (AAC, 1994; LOPES et al., 1973).

Foram realizados levantamentos das deficiências minerais (no solo, plantas e tecido ósseo da costela) em seis propriedades rurais no norte do Mato Grosso, durante as épocas seca e chuvosa. Houve grande variação dos teores de P nas forrageiras, entre as duas épocas, as médias gerais foram 0,20% na época chuvosa, e 0,08% na época seca. As diferenças são atribuídas, provavelmente a: (a) maturidade das pastagens e (b) ao deslocamento do fósforo da parte aérea das plantas para as raízes e, em alguns casos, para o solo (SOUSA et al., 1979).

Nas plantas o P é extremamente móvel: muda-se dos tecidos velhos para os novos, provocando, com o aumento da idade das plantas, um decréscimo na sua concentração (MARTIN, 1993).

Outro exemplo ilustrativo dos efeitos das precipitações pluviométricas nos teores de P na pastagem, é mostrado por Hendricksen et al. (1994), no noroeste de Queensland, Austrália (17°13' S). As concentrações de N e P nos tecidos vegetais variaram com os níveis de fertilidade aplicados na pastagem e com a estação do ano (chuvosa ou seca). A fertilização com P aumentou a concentração de P nos tecidos das plantas em todas as estações, particularmente na estação chuvosa (0,5 para 1,3 % na MS). As maiores concentrações de P foram medidas durante o final da estação chuvosa e nos maiores níveis de adubação fosfatada. O ganho de peso dos animais, durante a estação seca, só ocorreu em pastagens que receberam: (a) alguma adubação fosfatada e suplementação com P; e (b) maior nível de adubação fosfatada.

Na região do Cerrado, em Brasília, os níveis de P inorgânico no soro sangüíneo de bovinos são menores na estação seca (maio a agosto). Nesta estação as pastagens tem menor qualidade e produção. Baixos níveis de P no solo corresponderam a baixos níveis nos tecidos das plantas (LOPES et al., 1973).

Já em condições de altas precipitações, como ocorre na estação chuvosa no trópico úmido, é citado que o P é indisponibilizado no solo pelo excesso de Al

trocável, ferro e manganês, a as forrageiras apresentam níveis limitantes (menos de 0,15%) de P na matéria seca (CARVALHO et al., 2003).

(3) Forragem disponível

A passagem do P para os animais depende também da forragem disponível e da concentração do elemento nos tecidos.

Alta disponibilidade: se a forragem é velha, madura, apresenta baixos níveis de P, ocorre baixa passagem para os animais, mesmo em condições de alta disponibilidade de forragem. A limitação do consumo de P é dada pela limitação da ingestão de forragem.

Baixa disponibilidade: baixos teores de P sérico são verificados, devido a escassez de consumo da forragem, mesmo que esta tenha alta qualidade e alta concentração de P nos tecidos.

(4) Estádio de desenvolvimento das plantas

Em plantas novas, em estado juvenil, o consumo de matéria seca e de nutrientes é deficiente. Ocorre inibição do consumo e de passagem, mesmo que a percentagem de P nos tecidos seja adequada. Situação típica do inverno, quando há sobra de forragem velha da estação quente e plantas novas de estação fria, com boa qualidade, mas com pouca contribuição forrageira (como exemplos, *Piptochaetium montevidense* e *Vulpia australis*).

Plantas velhas, pouco ativas, senescentes, tem baixas concentrações de P nos tecidos, o que causa baixas concentrações de P no soro de sangue. Situação típica de *final de verão – início de outono*, quando as espécies de estação quente, predominantes na vegetação, apresentam florescimento, baixo IAF (Índice de Área Foliar), e alta relação colmo:folhas. Conseqüência dos fatores sazonais, como queda nas temperaturas, e na intensidade luminosa e comprimento dos dias, no ciclo das plantas. Com a maturação ocorre acentuado declínio nos teores de P e potássio, bem maior que o declínio dos microelementos (CONRAD e SOUZA, 1976).

(5) Área foliar

Plantas em estádios avançados de maturação, ou queimadas pelas geadas, ou excessivamente consumidas, apresentam baixo IAF e pouca condição de

disponibilizar o elemento P aos animais em pastejo. É o caso das gramíneas de estação quente, durante os períodos frios do ano.

(6) Sistema radicular pouco desenvolvido

Situação ocasionada por baixo IAF (a relação é positiva, em pastejo contínuo), ou por baixo pH e presença de Al e Fe tóxicos, que podem causar também a complexação do fósforo.

As gramíneas e leguminosas de estação fria são espécies que se enquadram nesta condição. São geralmente plantas anuais, de ciclo curto, e que formam raízes superficiais e com pouca capacidade de exploração do solo. Em consequência, desenvolvem pouca parte aérea e pouco IAF, e não são produtivas. Tem qualidade, mas são pouco presentes e a contribuição total na de produção forrageira é baixa.

(7) Manejo da pastagem natural

O manejo da pastagem inclui fatores que contribuem para a maior ou menor disponibilidade de forragem consumível de qualidade. O processo inclui práticas que influenciam a maior ou menor ocorrência de invasoras e espécies úteis na composição florística:

- Limpezas, roçadas, aplicações estratégicas de arbusticidas e herbicidas, adubações;
- Sistema de pastejo – rotativo ou contínuo;
- Períodos de descanso e de utilização das pastagens.

(8) Interação com outros minerais

Os minerais podem interagir entre si, em interações tipo sinérgicas ou antagônicas (AMMERMAN, 1965; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; MARTIN, 1993).

A deficiência de minerais causa transtornos metabólicos e problemas no crescimento das plantas e animais. Assim, a falta de um mineral importante, como o N, em solos deficientes em matéria orgânica, resulta em plantas sem desenvolvimento, mesmo em havendo o suprimento dos demais minerais pelo substrato. Outros minerais podem resultar deficientes, pela falta da absorção suficiente, em razão dos distúrbios em vários processos metabólicos causados pela

falta do N (faz parte da constituição dos hormônios, interfere no processo de fotossíntese, é o principal componente do protoplasma etc.). Deste modo, a absorção de P é inibida pela deficiência de minerais tais como o N, K, Ca, Mg e outros macro e microminerais.

Como exemplo da interação entre minerais, cita-se um levantamento realizado em seis propriedades rurais no Mato Grosso. Os níveis de P no tecido osseo (costelas) foram positivamente relacionados com os teores de Ca no solo, nas forrageiras e nos ossos, e também com o teor de P no solo (SOUSA et al., 1979).

(9) Extrema carência de fósforo

Nesta condição, há diminuição no consumo de alimentos por parte dos animais. Com a diminuição do consumo, ocorre uma passagem ainda menor do fósforo na cadeia planta-animal. Parte do notório efeito da deficiência de P sobre a redução do apetite no ruminante tem origem na depleção da reserva salivar e, nessas condições, diminui a fermentação da fibra vegetal e a produção de metabólitos energéticos, os ácidos graxos voláteis (BARCELLOS et al., 2003). Em sistemas intensivos de produção de leite, principalmente no início da lactação, há situações fisiológicas que diminuem a ruminação, e a conseqüente salivação (excesso de concentrado), como acidose sub-clínica e clínica. Ocorre diminuição da reciclagem do P para o suprimento bacteriano do rúmen (BARCELLOS et al., 2003).

Em plantas ocorre um mecanismo de compensação: quando há deficiência de N ou P, elas aparentemente desviam fosfosíntase para as raízes e obtém maior comprimento de raízes, o que ajuda-as a obter mais N ou P (TENANT, 1995).

(10) Fatores relacionados ao animal, comportamento ao pastejo e disponibilidade biológica do fósforo na dieta

Enfim, há o fator animal ruminante. A seletividade é fenômeno reconhecido ao se tratar de animais em pastejo, que consomem preferencialmente folhas e tecidos verdes. São as partes com mais qualidade nutricional, mais energia bruta e com maiores teores de minerais. A falta de fibra na dieta é compensada com material mais grosseiro.

A seletividade depende de fatores inerentes às plantas, como fenóis, taninos, etc. que fazem com que os animais escolham uma espécie em detrimento de outras, mesmo se elas estiverem em estádios vegetativos semelhantes. A

seletividade é observada também dentro da mesma espécie vegetal, dependendo do estágio de desenvolvimento ou da cultivar. Caso típico é observado em cultivares de trevo-subterrâneo: as cultivares não ou pouco estrogênicas (baixos teores de formomonetina) são consumidas preferencialmente.

A idade e estado fisiológico dos animais (demanda por energia etc.) influenciam o consumo voluntário. As exigências variam também conforme o estágio fisiológico ou produtivo dos animais: animais em lactação, ou secos, consomem volumes diferentes e selecionam desigualmente suas dietas. Vacas em lactação ingerem mais alimentos e são mais seletivas, especialmente no início da lactação.

Animais com fome ou carências crônicas apresentam apetite depravado. Suprem suas necessidades por volume ou minerais ingerindo folhas de arbustos e árvores. Nas condições da região Serra do Sudeste nota-se que muitas espécies arbustivas tem suas folhas consumidas durante os períodos de pouca disponibilidade de forragem. Até os espinhentos caraguatás, muito presentes, mostram folhas despontadas. O que tem esta espécie de especial? Será fósforo?

Os animais com carências minerais tem a capacidade de perceber quais plantas são mais ricas nos elementos em deficiência (PROVENZA, 1996). Os animais que comem ossos não o fazem por prazer, mas sim para suprir a falta de P na dieta. Muitas vezes estão em bom estado corporal.

O solo ingerido por animais tem sido sugerido como uma possível fonte de minerais (SANTOS, 1997). Porém, ovinos alimentados com dietas contendo diferentes tipos de solo não foram afetados quanto aos seus conteúdos de P, Ca e Mg no soro de sangue e hemoglobina. A inclusão na dieta de solos com altos teores de Fe e Al pode afetar negativamente a utilização do P por ovinos. Entretanto, os efeitos negativos de solos sobre a disponibilidade do P da dieta alimentar é uma função do conteúdo de Fe e Al nos mesmos, e são muito menos pronunciados do que seria de se esperar ao alimentar os animais com formas puras de Fe e Al (ROSA, 1980).

As diferentes espécies animais –ovinos e bovinos – apresentam distintos graus de preferência e seletividade. Isto deve ser considerado em estudos da passagem dos minerais das plantas para os animais.

Especificamente, com relação a passagem do P das plantas (ou alimentos) para os animais, a eficiência de absorção do P pelo intestino depende:

- Nível de P na dieta: quanto menos P, maior é a eficiência do animal em absorvê-lo.

- Biodisponibilidade biológica do P – origem e tipo das fontes de P.

A análise química de um elemento mineral no alimento mostra simplesmente o aspecto quantitativo, mas não indica o grau de utilização quando consumido pelo animal.

Assim sendo, no estudo do metabolismo dos minerais, a concentração de um determinado mineral não tem muito valor, sem a identificação da disponibilidade biológica. Ela indica o grau em que o nutriente é utilizado quando ingerido pelos animais. Ou seja, uma medida da habilidade de um elemento em suportar determinado processo fisiológico. Quanto mais solúvel for o nutriente no alimento, maior será a sua capacidade de absorção pelo intestino. É expressa em termos relativos numéricos, que associa o nutriente a um outro considerado padrão, ao qual é atribuído o valor 100% (CARVALHO et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; MARTIN, 1993). Tendo como padrão o fosfato bicálcico (100%), a biodisponibilidade do P em capim-bermuda é 24% e em feno de trevo 44% (BARCELLOS et al., 2003).

A relação Ca:P influencia a disponibilidade de P nos alimentos. O efeito inibidor do excesso de Ca sobre a absorção do P é linear (BARCELLOS et al., 2003). Quantidades excessivas de Ca ou P nos alimentos podem reduzir a biodisponibilidade de certos microelementos (CARVALHO et al., 2003).

- Idade e condição do animal: quanto mais jovem, mais eficiente. Animais novos são mais eficientes na utilização de P e Ca do que os mais velhos. Vacas gestantes, e vacas principalmente no início da lactação, possuem maior capacidade de absorção de P no intestino do que as demais (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; CARVALHO et al., 2003; MARTIN, 1993).

- Parasitismo: tem ação direta na permeabilidade da mucosa intestinal, diminuindo a absorção (CARVALHO et al., 2003).

- Minerais e suas relações

As quantidades de outros minerais na dieta, como Ca, Fe, Al, Mn, K, Mg influenciam diretamente na absorção de P (CARVALHO et al., 2003).

Excesso de ferro na dieta pode influenciar na utilização do fósforo pelos animais (AMMERMAN, 1965; CARVALHO et al., 2003; ROSA, 1980). Altos níveis de Fe e Al na dieta alimentar diminuem o ganho de peso e o consumo, enquanto que a adição de mais P na dieta é benéfica para superar os efeitos adversos de altas concentrações de Al e Fe (ROSA, 1980; ROSA et al., 1982). Alta concentração de Fe na dieta aumenta e alta concentração de Al diminui o teor de P no sangue (ROSA, 1980).

2.4.2. A indisponibilidade do elemento fósforo na cadeia solo-pastagem-animal

Conforme afirmou-se no início do item 2.4, ocorrem “overlappings” na discussão entre inibição ou indisponibilização de nutrientes nas etapas de suas passagens no sistema solo-planta-animal. Neste item procura-se abranger, mais especificamente, a “indisponibilização”.

O termo “disponibilidade de nutrientes” pode ser considerado, de um modo simplista, como a fração de nutrientes no solo que é acessível as raízes das plantas. O termo disponibilidade de nutrientes abrange, então o “status” químico e físico do nutriente no solo, bem como as relações das raízes que envolvam o metabolismo da planta. É por esta razão que, “stricto sensu”, as quantidades disponíveis dos nutrientes no solo não podem ser medidas ou expressas em termos quantitativos. Mal comparando, a definição de disponibilidade de nutrientes no solo assemelha-se “à disponibilidade biológica do P nos alimentos para animais”, comentada no item 2.4.1, subitem (10) Fatores relacionados ao animal, comportamento ao pastejo e disponibilidade biológica do fósforo na dieta.

Os minerais podem apresentar interações entre si ou com outros nutrientes. As interações podem ser sinérgicas ou antagônicas, e elas podem acontecer no solo, planta e misturas alimentares, no aparelho digestivo, nos tecidos e no metabolismo celular (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992).

Interação sinérgica é quando dois ou mais minerais atuam associados e aumentam suas absorções ou funções metabólicas. Interação antagônica é a ação de um elemento mineral que inibe a absorção de outro elemento (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; MARTIN, 1993).

Desta maneira, a passagem dos nutrientes através das plantas e do trato digestivo dos animais, também estão sujeitas a fatores e relações casuais que contribuem para a “disponibilidade” ou “indisponibilidade” de nutrientes.

Antagonismo no animal, pode ser definido como um elemento que inibe a absorção de outro no trato digestivo e produz efeito oposto sobre uma função bioquímica no organismo (MARTIN, 1993).

Os fatores mais importantes que atuam na disponibilidade do P do solo para as plantas foram apresentados no item 2.1. Fósforo no solo. Deste modo, neste sub-ítem, o enfoque é dirigido a passagem do elemento P das plantas para os animais.

A digestão do alimento no retículo-rúmen disponibiliza P de origem inorgânica e orgânica. O P orgânico sofre a ação de fosfatases, deixando-o em forma assimilável, com uma proporção relativamente grande do P aparecendo na forma de fitato. Em ruminantes, o fitato pode ser hidrolisado, pela ação dos fitases.

A atividade das fitases é dependente do pH do rúmen, concentração de microorganismos e do teor de fitato do rúmen.

O pH é o fator mais importante; a atividade enzimática da fitase depende do pH. O pH normal no rúmen de ruminantes é 6,0 – 7,0.

Para a fitase de origem vegetal o pH ótimo é 5,0 – 5,5, com grande atividade até os limites 4,0 – 6,0. Fitases microbianas, as mais importantes para os ruminantes, apresentam duas faixas de pH ótimo: (a) entre 4,0 e 6,0; (b) 2,2 e 2,5. Assim, os fitatos que escapam da hidrólise no rúmen, não escapam da hidrólise no intestino, com pH 2,8 e 5,0 (SHROETER, 1990). Para ruminantes, o P de origem vegetal (fitato) tem biodisponibilidade semelhante à do P inorgânico (BARCELLOS et al., 2003).

Os processos de antagonismo são complexos e podem ocorrer: (a) por inibição simples de um mineral por outro no aparelho digestivo, ou (b) por absorção em superfícies de partículas coloidais, ou (c) por competição entre ions que atuam nos mecanismos de transporte através das paredes intestinais, ou ainda, (d) pelo efeito de íons inibidores com uma função antimetabólica. O antagonismo dos minerais também pode ser afetado pelas vitaminas, proteínas, gorduras e outros nutrientes presentes na dieta, quando mal balanceados, tanto em níveis altos como em níveis baixos (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992).

O metabolismo do Ca está intimamente relacionado com o metabolismo do fósforo, uma vez que o paratormonio (PTH) e a calcitonina – o hormônio da tiróide (regulam os níveis de cálcio no sangue), e a vitamina D agem sobre o metabolismo de ambos, Ca e P (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992). A vitamina D beneficia a absorção de P (MARTIN, 1993).

A vitamina D é a grande responsável pela mobilização do Ca e P no esqueleto. Elevadas doses de vitamina D pode causar perturbações sérias no metabolismo do Ca e P. Excesso de vitamina D no organismo animal eleva o Ca e P sanguíneo. Há aumento da excreção do P nas fezes e urina.

Para que o Ca e o P sejam assimilados pelo organismo animal, é necessário que o animal receba um nível adequado de ambos na dieta. O excesso ou deficiência de um vai interferir na própria utilização do outro. Uma relação Ca:P de 1,5:1 a 4:1 é recomendada na dieta dos ruminantes (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1972). A relação Ca:P tem grande influência sobre a disponibilidade do P dos alimentos. O efeito inibidor do excesso de Ca sobre a absorção do P é linear (BARCELLOS et al., 2003). Relações Ca: P maiores do que 4:1 resultam em menores taxas de ganho de peso e conversão alimentar. Relações Ca: P inferiores a 1:1 e superiores a 7:1 prejudicam o crescimento e a conversão alimentar dos animais (CARVALHO et al., 2003; MARTIN, 1993).

O aumento de fibra na dieta reduz a absorção do P, Ca, Zn e Mg (Christy, 1984, citado por MARTIN, 1993).

Segundo Martin (1993), o antagonismo pode ocorrer em nível gastrointestinal e em nível de tecido. O P e o Mg inibem a absorção um do outro em nível de intestino.

Exemplo em nível gastrointestinal: formação do fosfato de magnésio, na presença de excesso de magnésio na dieta. Reação entre cobre e sulfato; formação de complexos de Ca-P-Zn, na presença de excesso de Ca.

São apresentados como antagônicos ao P os minerais Mg, K, Fe, Mo, Mn e Zn. O Fe, o Al e o Mg reagem facilmente com o P, formando fosfatos insolúveis, formas que o animal não consegue absorver (CARVALHO et al., 2003).

No trato digestivo, a interação entre fosfatos e os íons de Fe e Al pode reduzir a absorção do P, devido a formação de complexos de difícil solubilidade. O pH intestinal, teor de gordura e elementos (Fe, Al e Mn), por exemplo, alteram o metabolismo e a assimilação do P e do Ca. Ca em excesso na dieta pode resultar em deficiência de P, Mg, Fe, I, Zn, Mn e Vitamina K.

Observa-se relação negativa do Fe nas plantas e absorção de P pelos animais (SANTOS, 1997).

Na determinação das exigências nutricionais pelo NRC (1996) é considerada uma eficiência de 50% na absorção do P da dieta (Barcellos et al., 2003). No caso de ruminantes, pode ser considerada com acima de 55%.

2.4.3. Relações entre os teores de fósforo no solo, nas pastagens e nos animais

No Rio Grande do Sul os estudos com minerais constaram principalmente de levantamentos dos teores minerais no solo e plantas, em diversos solos ocorrentes principalmente nas regiões pecuárias da Campanha e Depressão Central. Os primeiros levantamentos sobre a composição mineral das pastagens nativas do Estado datam dos anos 1960. Posteriormente, nos anos 1980, novas avaliações foram realizadas em forragens das mais diversas regiões, e em ampla variedade de unidades de mapeamento de solos. Os resultados são relatados em várias publicações. Constatou-se que, em geral, os solos do Rio Grande do Sul são pobres em P. As plantas que vegetam contém quantidades que não cobrem as exigências deste mineral para bovinos de corte, não atendendo as necessidades da maioria das categorias animais (AGOSTINI e KAMINSKI, 1976, BARCELLOS et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; GAVILLON e QUADROS, 1970; GAVILLON e QUADROS, 1973; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990; TRINDADE et al., 1987).

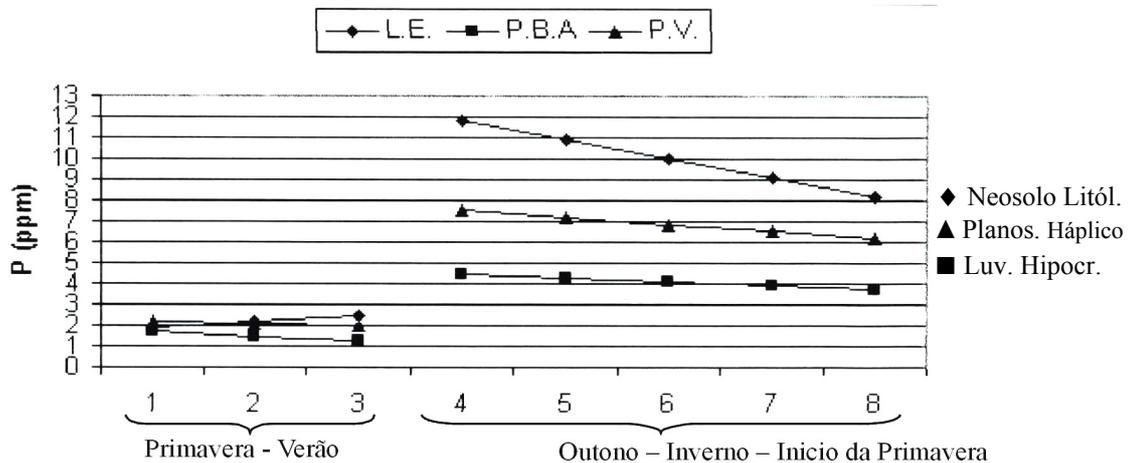
Nos últimos anos, no Brasil, foram realizados estudos para determinar minerais nos solos, nas plantas e nos animais, especialmente no Mato Grosso e região pantaneira, na região do Cerrado, Santa Catarina e também no Rio Grande do Sul. Na região sul do Rio Grande do Sul, são pioneiros os estudos de Alfaya e colaboradores (ALFAYA et al., 2000 ab; SANTOS, 1997) sobre o comportamento dos minerais no sistema solo-planta-animal em áreas de campos naturais não perturbados, sobre três tipos de solo, em Bagé. As áreas tinham características topográficas, paisagísticas, vegetacionais e de qualidade forrageira distintas.

Verificaram que:

Fósforo no solo:

O P no solo apresentou patamares bem definidos durante o ano – o primeiro período corresponde à época de *primavera-verão* - de maior crescimento da vegetação – os teores de P-extraível foram extremamente baixos. O segundo

período é *outono-inverno-início-de-primavera*, um período de reciclagem de P no solo (Figura 1).



Fonte: ALFAYA et al., 2000a

Figura 1- Comportamento anual dos teores de fósforo disponíveis no solo de áreas de campo natural não perturbado sobre distintos tipos de solo na região agroecológica Campanha – RS.

Durante o primeiro período não houve diferenças nos teores de P no solo – os teores de P foram muito baixos. Os menores teores de P-extraível ocorreram neste período. No segundo período os teores de P, para os três solos, foram significativamente maiores do que no primeiro (Figura 1); os solos não variaram entre si.

Os teores médios do P- extraível nos solos tenderam a diminuir do final do outono até o inverno (Figura 1).

Fósforo na vegetação:

Os teores de P na forragem variaram entre as três áreas, mas a tendência foi a mesma. Os maiores teores foram encontrados na primavera e a partir do início do verão, quando começam a decrescer (Figura 2). Na primavera observa-se o predomínio de forrageiras novas, que apresentam maior concentração de P. O decréscimo é explicado pelo amadurecimento destas plantas à partir do verão, prolongando-se até o inverno.

Os resultados indicam uma utilização intensa do P-extraível no solo pelas plantas no período *primavero-estival*, o principal período de crescimento, e consumo do P, pelas espécies componentes do campo natural. Por outro lado, os teores de Fe e Al, que indisponibilizam o P no solo, apresentaram teores mais elevados neste período. Provavelmente tenham complexado parte do P-extraível na solução do solo.

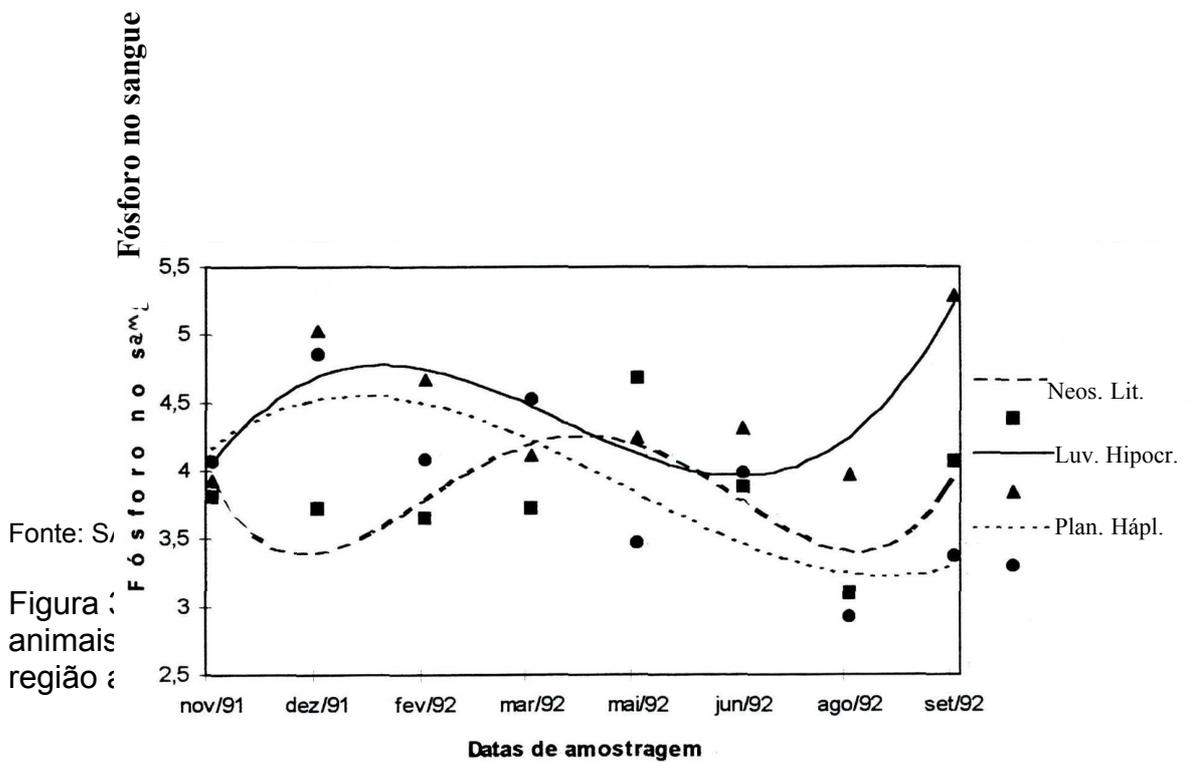
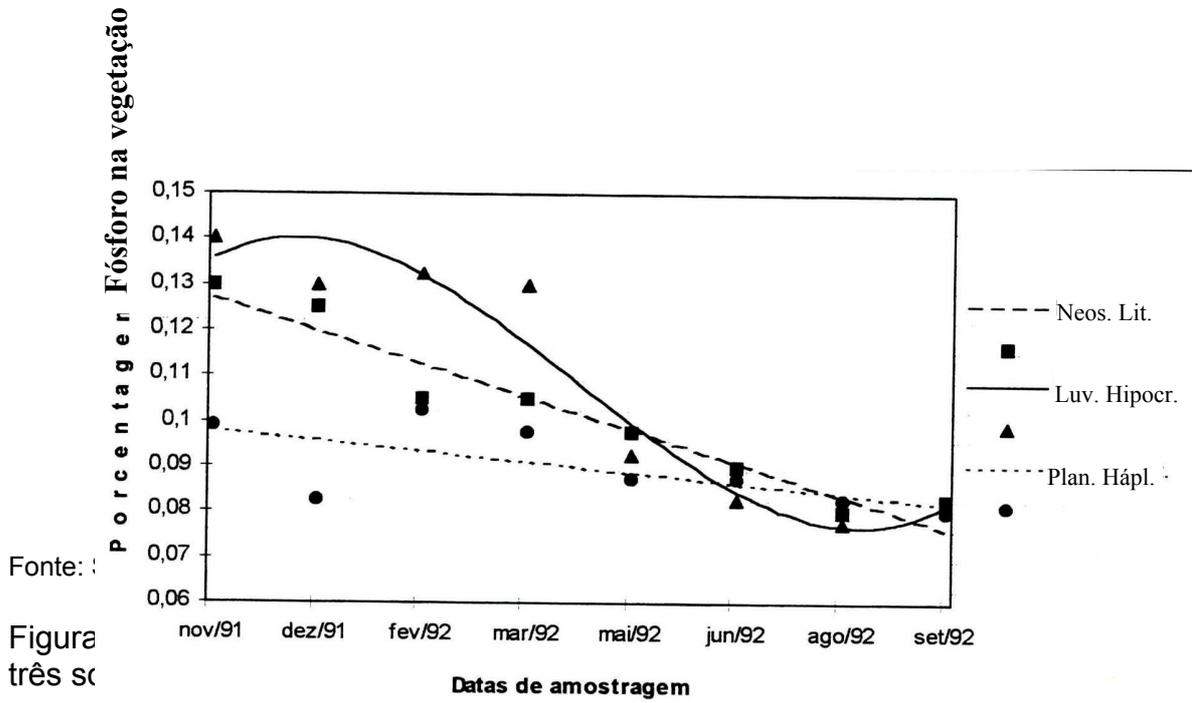
No final da fase principal de crescimento (*primavera-verão*), e com a diminuição dos teores de Fe e Al, os teores de P-extraível na solução do solo começaram a se elevar em todos os solos, atingindo um máximo ao final do outono, quando voltaram a decrescer mais lentamente, em função do crescimento das espécies de estação fria, até o início da primavera seguinte. Este período caracteriza-se pela “reciclagem” do P no solo e deve-se aos seguintes fatores: (a) retorno de parte do P da vegetação senescente, para o solo, através das raízes; (b) plantas de ciclo curto (de estação fria), e com baixa presença na vegetação, e sistemas radiculares menos desenvolvidos, aproveitam e retiram menos o P disponível no solo.

Dentre as correlações lineares estudadas, somente P no solo x P na planta foi positiva no outono e no inverno, para todos os solos. Ou seja, o aumento nos teores de P no outono-inverno foram acompanhados por aumentos nos teores de P nas plantas. Isto demonstrou uma dependência solo-planta, quando a um aumento na disponibilidade do mineral, mesmo que em quantidade nem sempre suficientes para atender as necessidades dos animais em pastejo.

Fósforo no soro de sangue:

Os teores mais elevados de P sérico nos animais na primavera e no verão (Figura 3) são explicados pela maior concentração do P na matéria seca das pastagens naturais (Figura 2), que coincidem com o pico da produção de matéria verde (primavera). Os menores teores ocorrem com a escassez de matéria verde no inverno, pois o crescimento das pastagens é praticamente nulo.

Assim sendo, baixos níveis de P nos solos e pastagens induzem a baixos níveis de P detectados no soro sangüíneo dos animais. Solos pobres em P produzem pastagem com baixos teores de P, e conseqüentemente, causam deficiências nos animais em pastejo.



Conclusões (principais) de Alfaya & colaboradores:

- De um modo geral, os teores de P-extraível no solo são baixos e insuficientes para suprir as necessidades das plantas e dos animais durante o ano todo;
- Embora as áreas estudadas apresentassem distintos teores médios de P, as curvas anuais do teor de P nos solos, na vegetação e no animal (soro de sangue), separadamente, demonstraram uma mesma tendência em todas as áreas;
- Os teores de P nas plantas e soro de sangue dos animais são extremamente baixos;
- Solos não perturbados apresentam dois patamares bem definidos de P-extraível durante o ano, um no período *primavera-verão* e outro no período *outono-inverno-início-da-primavera*;
- Os teores de P da vegetação independem dos teores de P-extraível do solo;
- Os teores mais elevados de P sérico nos animais na *primavera-verão* são explicados pela maior concentração do P na matéria seca das pastagens naturais, que coincidem com o pico da produção de matéria verde (primavera). Os menores teores ocorrem com a escassez de matéria verde no inverno, pois o crescimento das pastagens é praticamente nulo;
- A passagem do P no sistema solo-planta-animal, em campos naturais não perturbados, depende fortemente do ecossistema.

Os resultados de Alfaya e colaboradores contrastam com os obtidos no norte do Mato Grosso, onde foi observada uma correlação positiva entre os teores de P no solo e na vegetação. Por outro lado, no Mato Grosso, correlação entre a vegetação e tecido animal (osso) não foi estatisticamente significativa (SOUSA et al., 1979). As diferenças podem ser devidas:

- (1) A diversidade climática e dos solos;
- (2) Ao fato que as avaliações foram realizadas em pastagens constituídas por forrageiras exóticas e nativas;
- (3) Alguns dos solos apresentavam teores relativamente elevados de P disponível;
- (4) As amostragens de P foram realizadas no tecido ósseo – não houve variação entre as seis propriedades rurais amostradas.

No leste das províncias de Chaco e Formosa, norte da Argentina, estudou-se a nutrição mineral de gado de corte criado em condições naturais, nos meses de novembro e dezembro, em 11 estabelecimentos rurais. Constatou-se que 55% das amostras de solo eram deficientes em P, mas somente 44% das amostras de forragem foram consideradas como deficientes para o mineral. As concentrações de P inorgânico no plasma de sangue, que tiveram valores abaixo do nível crítico 4,5 mg/100ml, foram 67% para vacas lactantes e 22% para animais jovens. Os autores explicam que as diferenças entre as categorias animais se deveriam a seus estados fisiológicos, e que seria conveniente aplicar diferentes valores críticos para os níveis de P no plasma de sangue para estas categorias animais (BALBUENA et al., 1989).

Também achou-se interessante relatar um estudo para verificar os efeitos da adubação e suplementação com P no consumo de nutrientes, crescimento (ganho de peso) e consumo, absorção e excreção do P, de novilhos em pastagens com vários "status" de P. Hendricksen et al. (1994), no noroeste de Queensland, Austrália, monitoram por 392 dias o crescimento de novilhos em pastagem nativa de gramíneas e nativa melhorada com leguminosa (*Stylosanthes scabra* cv. Seca). Os tratamentos eram: área testemunha (sem adubação fosfatada), dois níveis de adubação fosfatada, bem como áreas onde o P era suplementado aos animais. O solo tinha baixo nível de P-extraível.

A fertilização fosfatada aumentou o crescimento da leguminosa e das gramíneas nativas, o que resultou em mais matéria seca, contendo maiores concentrações de P e de N do que as pastagens não fertilizadas. Assim, a fertilização com P aumentou a concentração de P nos tecidos das plantas em todas as estações, particularmente na chuvosa (0,5 para 1,3 g/kg MS). Tanto a fertilização como a suplementação aumentaram o consumo de matéria seca e o ganho de peso vivo do gado. Somente o gado que pastejou pastagem com maior fertilização com P ganhou peso na estação seca.

Novilhos pastejando pastagens adubadas tiveram maiores consumo de P e N do que os que estiveram em pastagens não fertilizadas

A absorção de P pelo animais e a excreção do P pelas fezes foi altamente relacionada com o consumo (ingestão) de P. Os consumos de P variaram de 7 a 35 mg/kg peso vivo.

Concluí-se que as necessidades de P para gado em crescimento, em pastagem nativa ou nativa melhorada com leguminosas, encontra-se ao redor da metade recomendada pela maioria das autoridades.

Amostras de sangue foram coletadas para verificar a absorção de P.

O efeito dos níveis de P (P_0 , P_1 e P_2) na ingestão de P, refletidos na concentração de P inorgânico no plasma sanguíneo de novilhos pastejando pastagens nativa, e nativa com leguminosa, é mostrado a seguir:

Tratamentos	Fertilização		
	Testemunha P_0	P_1	P_2
Ingestão de P (g/dia)	2,45	3,93	7,13
P no plasma (mg/100ml)	3,23	3,45	4,89
Peso vivo (kg)	336	359	405

Nota: P_0 = sem adubação com P ; P_1 = 4,5 kg/ha de P a cada 2 anos; P_2 = 9 kg/ha de P por ano

Fonte: HENDRICKSEN et al., 1994 (adaptado)

Com o aumento do aporte de P ao solo, nota-se aumento na ingestão de P e no P no plasma sanguíneo dos animais. O aumento do peso dos novilhos foi diretamente proporcional aos aumentos na ingestão de P e na concentração de P no plasma.

Assim, a fertilização com P aumentou proporcionalmente a concentração de P nos tecidos das plantas e, conseqüentemente, no plasma do sangue dos animais em pastejo. Infelizmente, no artigo, não são mostradas as variações dos níveis de P no solo durante o período experimental.

Resumidamente (2.4. Inter-relações do fósforo na cadeia solo-pastagem-animal):

Em campos naturais deficientes em P, a passagem do mineral pelo sistema solo-pastagem-animal é muito dependente do ecossistema (clima, estacionalidade e espécies forrageiras, pH, inter-relações entre minerais, indisponibilização do fósforo etc.) e as correlações podem não ser significativas ou estacionalmente significativas. No entanto, parece evidente que, em áreas corrigidas e adubadas - onde se

umenta substancialmente os teores de P disponível e se diminuem as carências – as relações se estreitam (como no estudo de Hendricksen et al., 1994).

No caso do fósforo, há necessidade de aprofundar os estudos das relações do elemento no sistema solo-pastagem-animal, considerando cada área, tipo de solo, fertilidade do solo, estações climáticas e histórico prévio.

A absorção do fósforo ocorre, principalmente, no intestino delgado. É afetada pelo pH ruminal e intestinal, pelas fontes de alimento, idade dos animais e a presença de outros nutrientes, como: lipídios, lactose, cálcio, ferro, alumínio, potássio, magnésio, manganês e relação Ca:P da dieta. É um processo ativo dependente e estimulado pela vitamina D.

2.4. Composição florística e produção de forragem do campo natural

A faixa de transição climática, dominante no Rio Grande do Sul, favorece mais as espécies campestres de crescimento estival (FARSUL, 1997), que predominam sobre às de produção de inverno (GIRARDI-DEIRO et al., 1992; MOHRDIECK, 1993). Assim sendo, o campo natural apresenta forte sazonalidade tanto na produção de forragem quanto na qualidade nutricional (ALFAYA et al., 1997ab) e composição florística, o que se reflete diretamente na produtividade dos animais. Há necessidade de um manejo adequado das pastagens naturais, para minimizar as perdas de peso vivo com as ações de transição da estação quente para a estação fria, e desta para a estação quente (FARSUL, 1997).

As modificações que ocorrem na composição florística, ou seja, na proporção das espécies, varia grandemente nas vegetações formadas por espécies de estação quente e de estação fria, causando efeitos diretos na produção animal (MOHRDIECK, 1993). Em um campo natural adubado na Depressão Central-RS, destacaram-se seis famílias, as quais contribuíram com 73,7 % do total das espécies, sendo que a maior contribuição foi de *Gramineae*, em segundo lugar *Compositae (Asteraceae)* seguidas por *Leguminosae*, *Rubiaceae*, *Umbelliferae (Apiaceae)* e *Cyperaceae* (MOOJEN, 1991).

O sistema extensivo de produção pecuária, na região agroecológica Serra do Sudeste, é caracterizado predominantemente pelo pastejo contínuo dos animais, sobre o campo natural. A utilização de um manejo orientado e adequado requer um conhecimento pormenorizado da real situação do campo natural, como produção,

qualidade nutricional e composição florística da forragem. É necessário, também, associar estes parâmetros às exigências nutricionais dos animais.

A vegetação original da região Serra do Sudeste é a floresta estacional semi-decidual associada a savana, também denominada Mata Subtropical Rala. A colonização, a interferência humana e as atividades pastoris (anos 1700 em diante) causaram modificações na fisionomia original. É comum a derrubada e a queima da vegetação arbustiva para aumentar a área de pastejo (BOLDRINI, 1997; GONÇALVES et al., 1997). Ocorrem arbustos e árvores isoladas no estrato superior. Há capões com mata fechada. Este tipo de campo é definido como “Campos duros em solos com afloramentos rochosos, associados a matas arbustivas” (EMBRAPA Pecuária Sul, 2000).

Na Serra do Sudeste ocorre uma formação de campos de aspectos grosseiros e sujos nas partes mais altas. Nas zonas altas predominam pastagens de qualidade inferior. O estrato médio e superior é ocupado principalmente pelas espécies arbustivas e consideradas como não forrageiras, bem como por algumas gramíneas cespitosas de ciclo estival de baixo valor forrageiro, nos ambientes mais secos (*Aristida* spp.). O estrato inferior é constituído principalmente por gramíneas de menor porte. As leguminosas são, principalmente, de crescimento estival. Não se conhece estudos sobre variações estacionais na composição florística estacional destes campos.

Na região, as principais espécies componentes do estratos superior arbustivo são (BOLDRINI, 1997; GONÇALVES et al., 1997): as aroeiras (*Schinus lentiscifolius*, *S. polygamus*, *Lithraea brasiliensis*, *L. molleoides*) e a vassoura-vermelha (*Dodonea viscosa*); também são abundantes a coronilha (*Scutia buxifolia*), a taleira (*Celtia spinosa*), vassouras (*Baccharis dracunculifolia* e *B. tridentata*), além de outras espécies como a pitangueira (*Eugenia uniflora*) e a murta (*Blefarocalyx uniflora*). Outros arbustos e árvores isoladas no estrato superior são a carne-de-vaca (*Styrax leprosum*) e a embira (*Daphnopsis racemosa*).

A vegetação campestre, em geral, é rala especialmente nas encostas, ocorrendo alta percentagem de solo descoberto, sendo o estrato inferior constituído principalmente por gramíneas. Nestes ambientes mais secos são encontradas espécies de baixo valor forrageiro, de hábito cespitoso ereto, como barbas-de-bode (*Aristida jubata*, *Aristida* spp.), *Paspalum compressifolium*, e *Stipa filifolia* (BOLDRINI, 1997).

O estrato herbáceo inferior apresenta várias espécies de gramíneas de bom valor forrageiro, como *Paspalum notatum*, *P. nicorae*, *Axonopus affinis*, *Chloris bahiensis*, *Eragrostis neesii*, *Bothriochloa laguroides*, *Andropogon selloanus*, *Andropogon ternatus*. Também ocorrem leguminosas, sendo as principais: *Desmodium incanum* (pega-pega), *Arachis burkartii*, *Adesmia* spp., *Trifolium polymorphum*, *Lathyrus pubescens*, *Rhynchosia diversifolia*, *Clitoria nana*, entre outras (BOLDRINI, 1997; GONÇALVES et al., 1997).

Estudando o estrato inferior de áreas pastejadas na Serra do Sudeste, Gonçalves et al. (1997) reportou que o *Paspalum notatum* é a espécie dominante, ocupando 49,3% da área coberta de solo. No estrato médio, a embira mostrou uma cobertura de 48%.

Assim como em outras vegetações campestres do Estado e regiões do Cone Sul, uma característica notável é a pouca presença de leguminosas. Neste sentido, Carámbula (s.d.) menciona que a pouca presença de leguminosas na composição florística dos campos do Uruguai – 2 a 5% - afeta os rendimentos e a qualidade das pastagens naturais, e que a leguminosa de estação fria mais comum é *Trifolium polymorphum*.

A produtividade mensal e anual das pastagens naturais depende de fatores como: temperatura, umidade, fertilidade de solo e manejo (MACHADO, 1999).

Em geral, os menores rendimentos anuais são obtidos em pastagens naturais sobre solos superficiais, solos com má drenagem e alguns solos arenosos muito pobres. Solos superficiais, como alguns encontrados na Serra do Sudeste, apresentam deficiências importantes na distribuição estacional do crescimento da forragem, especialmente no verão, havendo baixos rendimentos. A distribuição estacional da produção forrageira é mais equilibrada em solos férteis e profundos (CARÁMBULA, s.d.)

Na região Serra do Sudeste não existem estudos sobre a produção e dinâmica anual da vegetação campestre.

Na região de Bagé, as produções anuais dos campos naturais variam de 3000 a 7000 kg/ha de matéria seca (MS), dependendo do tipo de solo (EMBRAPA Pecuária Sul., 2000).

Em São Gabriel, as produções médias anuais foram de 5765 kg/ha de MS, com uma média mensal de 480 kg/ha. O estudo mostrou uma enorme variabilidade na dinâmica da distribuição das produções mensais, revelada pelos limites máximos

e mínimos obtidos por mês, nos anos de avaliação. Ficou evidente a dependência relacionada às condições climáticas e falta de chuvas. O mês de fevereiro apresentou a melhor produtividade média. As produções foram decrescentes no período de abril a agosto (FREITAS et al., 1976).

Segundo Machado (1999) é no final do inverno (agosto-setembro) que ocorre o menor resíduo de forragem (disponibilidade), quando os campos apresentam aspecto mais “pelado”. Na região da Campanha, Alfaya et al.(2000c) indicam que no período hibernal os meses que apresentam menor disponibilidade residual de forragem pós-pastejo são junho e julho.

Estudos da curva de produção de um campo natural em Bagé também mostraram grande variabilidade na produtividade mensal de forragem. A máxima disponibilidade de forragem ocorreu em janeiro-fevereiro-março, a maior produtividade em janeiro-fevereiro, e os períodos críticos de menor produção de forragem foram junho-julho-agosto. No entanto, no segundo ano de avaliação ocorreu deficit hídrico de novembro a fevereiro e a produtividade do campo baixou dos 800 a 1200 kg/ha de MS mensais, obtidos no ano anterior (dezembro a fevereiro) para 200 a 300 kg/ha no mesmo período. As espécies de ciclo estival predominantes (*P. notatum* e *A. affinis*) requerem, além de calor, umidade suficiente para atingirem seus potenciais de produtividade (ALFAYA et al., 2003b; SALOMONI e SILVEIRA, 1999; SALOMONI et al., 1988).

Deste modo, em função das condições edáficas e climáticas ocorrentes nas diversas regiões do Rio Grande do Sul, que favorecem as espécies campestres de estação quente, os ganhos de peso dos animais em pastejo sobre campo natural concentram-se nos períodos mais quentes do ano, entre setembro e abril, e as perdas de peso no período mais frio, outono e inverno (MACHADO, 1999; PAIM, 2003). Naturalmente, que ocorrem variações em função da fertilidade dos solos, composição florística, manejo do campo, temperaturas médias e regime de chuvas. Em Uruguaiana, uma região com invernos amenos, as perdas de peso por bovinos de corte podem ocorrer apenas durante o mês de julho (MACHADO, 1999).

3. MATERIAL E MÉTODOS

As ações experimentais foram desenvolvidas em um subprojeto da programação da Embrapa Clima Temperado “Caracterização sazonal do campo nativo localizado em diferentes tipos de solo da região agroecológica Serra do Sudeste do estado do Rio Grande do Sul”, sob a responsabilidade de José Carlos Leite Reis. O subprojeto fez parte do projeto da Embrapa Clima Temperado “Caracterização ambiental da região de clima temperado – módulo inicial, sul, RS”, código 01.0.94.381, inserido no Programa Recursos Naturais, da Embrapa. A pesquisa colaborativa só teve condições de ser realizada com a parceria do Departamento de Zootecnia da UFPEL (Prof. Hero Alfaya jr.), e de várias entidades de Piratini, como Secretaria Municipal de Agricultura, Sindicato Rural, Escola Municipal Agropecuária de Ensino Fundamental Alair Tarouco, EMATER – Escritório Municipal de Piratini e dos produtores rurais vinculados ao CITE – 41.

Os aportes diretos de recursos, necessários para as coletas de amostras e análises laboratoriais, foram propiciados pela Embrapa e FAPERGS. As entidades parceiras supracitadas, e os proprietários dos estabelecimentos rurais usados como base para a pesquisa, cooperaram com aportes indiretos de recursos, tais como: fornecimento da infra-estrutura necessária, animais, movimentação e manejo dos mesmos e mão-de-obra auxiliar, por ocasião das coletas e avaliações de campo.

Dados parciais, referentes a qualidade nutricional da pastagem natural, foram utilizados para a dissertação de mestrado:

DIAS, A. E. A. **Caracterização da qualidade nutricional da pastagem natural da região agroecológica Serra do Sudeste – RS.** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998. 152f. Dissert. (mestrado em produção animal) – FAEM/UFPEL.

3.1. Descrição da região e das áreas experimentais,

3.1.1. Sistema de produção dominante – a aptidão e o problema

A Região Serra do Sudeste caracteriza-se por ser relativamente extensa e pouco desenvolvida, apesar de que a maioria dos seus municípios serem muito antigos. Cidades históricas, como Piratini e Canguçu, inseridas nesta região, permanecem semi-estagnadas e a espera de melhores dias. A Região sente bastante a falta da “vocação agrícola” para as grandes culturas anuais que, tradicionalmente, levam a um rápido desenvolvimento   medida que conquistam novas fronteiras agrícolas.

A atividade principal   a pecuária extensiva, com bovinos e ovinos, que ainda ocupam grande parte das áreas rurais, principalmente em pequenas propriedades. Os ovinos, ainda em grande número na região, devem ser manejados em lota es adequadas, pois são seletivos. Uma prática comum na região   a derrubada e posterior queima da vegeta o arbustiva, para ampliar a área útil de pastejo (superfície pastoril). Se forem utilizadas lota es animais superiores às indicadas para o local, pode haver aumento progressivo da área de solo descoberto.

Mais de 90% da produ o pecuária   realizada sobre o substrato campo natural, com baixos índices de produtividade. Principalmente, devido aos problemas de estacionalidade da produ o forrageira, e falta de alimentos e nutrientes, principalmente na esta o fria.

Na Figura 1 mostra-se a localiza o da região Serra do Sudeste no Rio Grande do Sul, e os municípios que dela fazem parte. A  rea total da região   229.648 hectares.

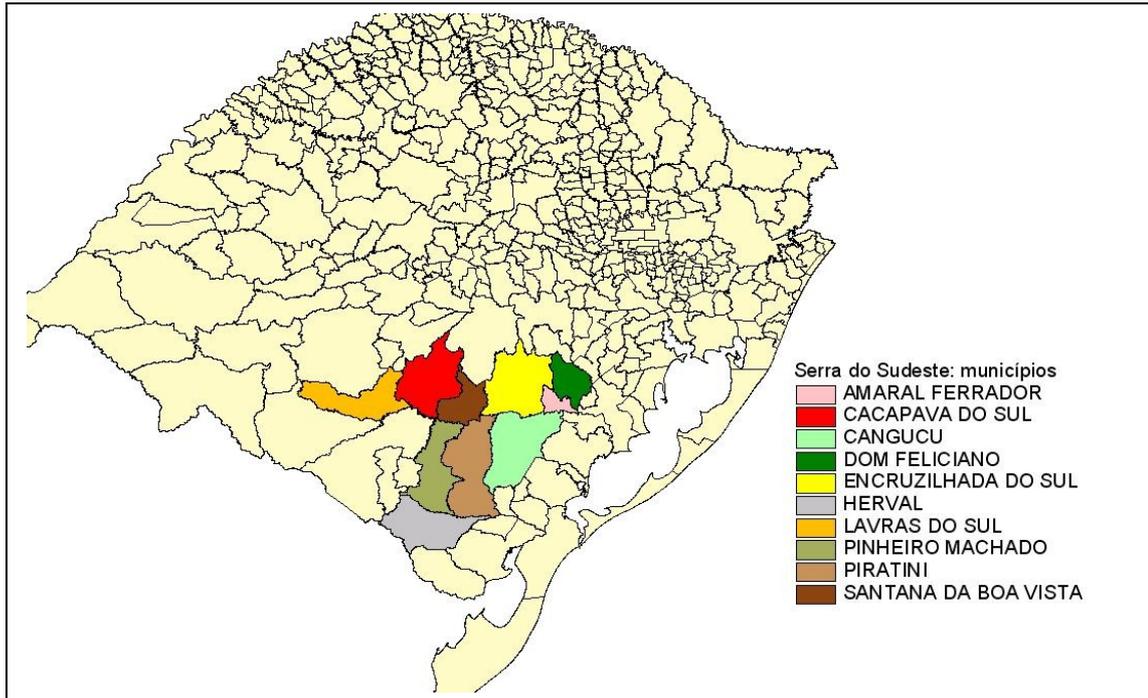


Figura 1- Localização dos municípios componentes da região fisiográfica Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul.

3.1.2. Localização das áreas experimentais e critérios considerados na escolha das propriedades rurais

O experimento 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 subdistritos 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 controle de peso e coletas de sangue;
- Os grupos de animais devem permanecer 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 $31^{\circ}22'14''S$; Longitude $53^{\circ}11'08''W$). 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 $31^{\circ}15'44''S$; Longitude $52^{\circ}59'43''W$). 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, constituíndo-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).

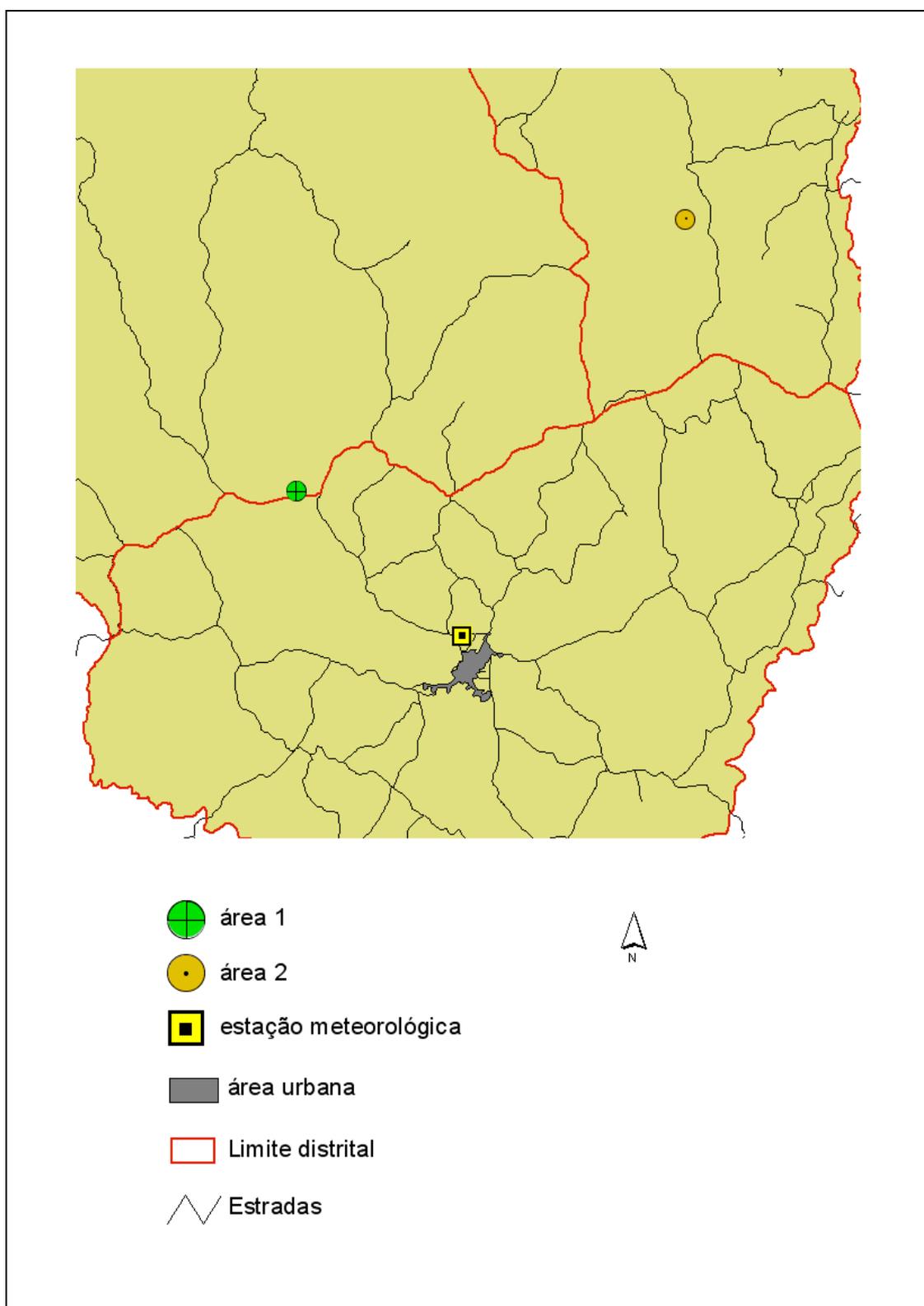


Figura 2 - Localização da área urbana, das Áreas 1 e 2 e da Estação Meteorológica de Piratini, dentro do município de Piratini (visão parcial).

3.1.3. Topografia

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

3.1.4. 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). As temperaturas de julho 1996 não foram coletadas.

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

Meses	Temperatura (°C)				Precipitação total (mm)	Dias de chuva (nº)
	Max.	Min.	Média	Min. Absoluta		
Maio/96	22,03	2,68	12,35	-5,00	9,7	2
Junho/96	20,70	2,43	11,57	-8,00	96,6	6
Julho/96	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	5,7	2
Agosto/96	21,03	6,06	13,60	-2,00	171,2	9
Setembro/96	19,03	8,17	13,60	-3,00	80,1	8
Outubro/96	24,52	12,90	18,71	5,00	171,0	10
Novembro/96	26,69	12,13	19,41	6,00	79,0	5
Dezembro/96	29,03	16,42	22,73	9,00	67,0	6
Janeiro/97	31,90	17,55	24,73	11,00	61,4	6
Fevereiro/97	27,50	16,50	22,00	11,00	304,5	6
Março/97	28,10	13,23	20,66	4,00	31,0	1
Abril/97	26,30	10,23	18,27	3,00	35,5	4
Maio/97	22,45	9,21	16,14	-3,00	166,1	3
Junho/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 Alaor Tarouco.

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

3.1.5. 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, N.G. da (Inf. Pessoal), conforme proposta de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, Embrapa, 2003, como:

Área 1: Argissolo Bruno-acinzentado Ta Alumínico abrupto. Pela “Soil Taxonomy” é Mollic Hapludalf.

Área 2: Argissolo Bruno-acinzentado Ta Alumínico abrupto. 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.

3.1.6. 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).

Nas encostas, especialmente, a vegetação campestre em geral é rala. Ocorre uma alta percentagem de solo descoberto e grande ocorrência de arbustos. Nestes ambientes mais secos são encontradas espécies de baixo valor forrageiro, de hábito cespitoso ereto, como as barbas-de-bode, *Stipas*, entre outras. É onde aparece a gramínea anual de estação fria, *Piptochaetium montevidense*.

Nas baixadas, com solos mais profundos, ocorrem gramíneas altas e cespitosas (*Andropogon* spp.) e as espécies mais baixas *Paspalum notatum* e *Axonopus affinis* (bastante abundante) etc.. O aspecto geral é de campos grosseiros e sujos.

3.1.7. 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 Figuras 3 (Área 1) e da Figura 4 (Área 2),

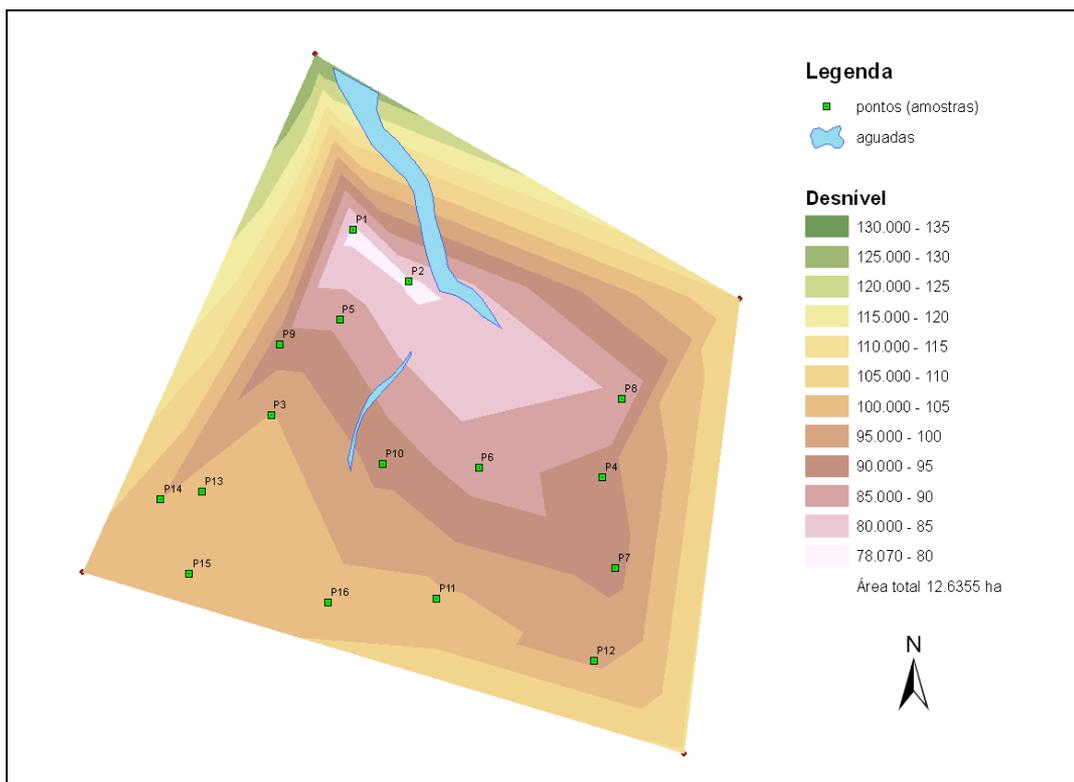


Figura 3 - Croquis da Área 1 (Fazenda Esperança) com a localização dos pontos amostrais.

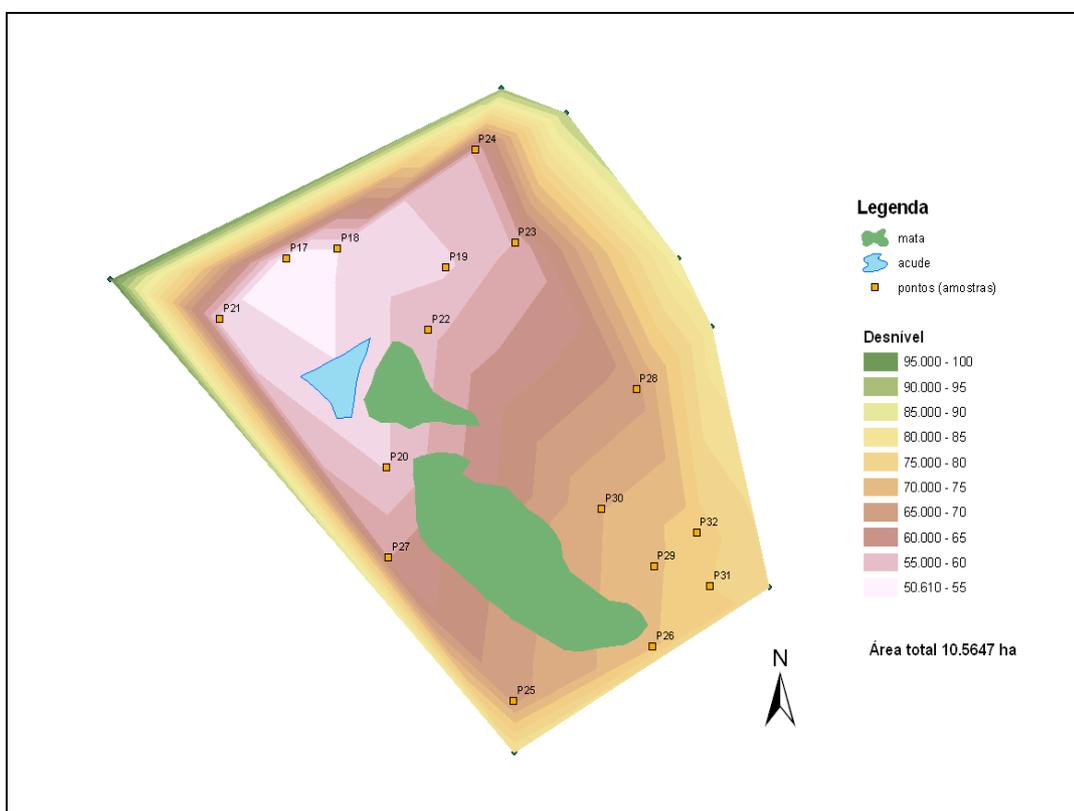


Figura 4 - Croquis da Área 2 (Fazenda São Thomaz) com a localização dos pontos amostrais.

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.

3.2. Condução do experimento

As coletas de amostras e as pesagens 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 1A)

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 com base na disponibilidade de forragem, mantendo-se desta forma 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 poteiros 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.

O peso vivo dos animais foi verificado mensalmente, adotando-se o critério de jejum prévio durante a noite, em mangueira, por 12 horas. As pesagens foram sempre realizadas no turno da manhã.

3.2.2. Composição florística, produção de forragem e forragem disponível

3.2.2.1. Levantamento da composição florística

Para a caracterização da composição florística foi utilizado o método Botanal, que é um procedimento de amostragem a campo que combina estimativas visuais da composição botânica e do rendimento da pastagem através dos métodos “Dry Weight Rank Method” de t’Mannetje e Haydock (1963) e o “Comparative Yield Method” de Haydock e Shaw (1975).

As observações obtidas foram processadas conforme versões do pacote computacional Botanal descrito por Hargreaves e Kerr (1978) na parte de campo. Assim sendo, o programa aqui utilizado é uma versão de um outro, escrito por Steve Filan, da Universidade de New South Wales, Austrália. A versão foi feita pelo setor de Métodos Quantitativos da Embrapa-Bagé.

Ambos os programas cumprem as mesmas tarefas, ou seja, fornecer a disponibilidade de matéria seca e a composição florística simultaneamente conforme foi previamente estabelecido por Hargreaves e Kerr (1978).

A comunidade vegetal foi caracterizada por avaliações visuais durante o período experimental. Foram realizadas quatro avaliações, com intervalos de 90 dias aproximadamente, no final de cada estação (Apêndice 2A).

As leituras foram realizadas em quadrados com 0,25 m² (0,50m x 0,50m), considerados como representativos para a vegetação na avaliação de campo natural pastejado (GIRARDI-DEIRO e GONÇALVES, 1990). Os quadrados eram jogados ao longo de duas linhas transeccionais estabelecidas de modo permanente em cada área experimental. Sobre cada linha realizava-se 55 leituras, obtendo-se então 110 amostragens para cada área experimental, totalizando 220 observações em cada avaliação. Em cada observação estimou-se a composição florística com o propósito de se avaliar a participação dos principais grupos de espécies presentes na pastagem.

Os grupos de espécies foram divididos em Gramíneas de Estação Quente, Gramíneas de Estação Fria, Leguminosas de Estação Quente, Leguminosas de

Estação Fria e Folhas Largas. Este último grupo constituiu-se de todos os demais componentes (famílias, gêneros e espécies) do estrato herbáceo passíveis de serem consumidas pelos animais. Evitou-se jogar quadrados sobre caraguatás e demais espécies arbustivas. Estas espécies chegavam a constituir de 35 a 50% da área coberta de solo, dependendo da época do ano.

Desta forma, determinou-se quais foram os grupos de espécies predominantes em ordem de contribuição na comunidade vegetal de cada área, de acordo com os seguintes critérios observacionais: determinação dos grupos de espécies mais abundantes na composição da vegetação, relação leguminosas x gramíneas x folhas largas, determinação dos grupos de espécies mais abundantes em cada estação do ano.

3.2.2.2. Produção de forragem e forragem disponível

Utilizou-se o método de áreas pareadas (dupla amostragem), no qual uma área tem a forragem cortada (quadrado de 0,50 m x 0,50 m = 0,25 m²), enquanto que uma gaiola é colocada sobre uma área com características semelhantes.. Quando a forragem dentro da gaiola é cortada na avaliação seguinte (30 dias depois), o crescimento é estimado pela diferença entre as produções das duas áreas (GARDNER, 1986).

Foram utilizadas doze gaiolas por área experimental. Os cortes foram realizados rente ao solo. Tomou-se o cuidado de retirar corpos estranhos, como solo e fragmentos de estrume.

As amostras coletadas foram secas em estufa de ar forçado na temperatura de 65°C para determinação do teor de matéria seca, sendo posteriormente calculadas a disponibilidade e a produção de forragem.

3.2.3. Coleta das amostras de solo, vegetação e soro de sangue

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.

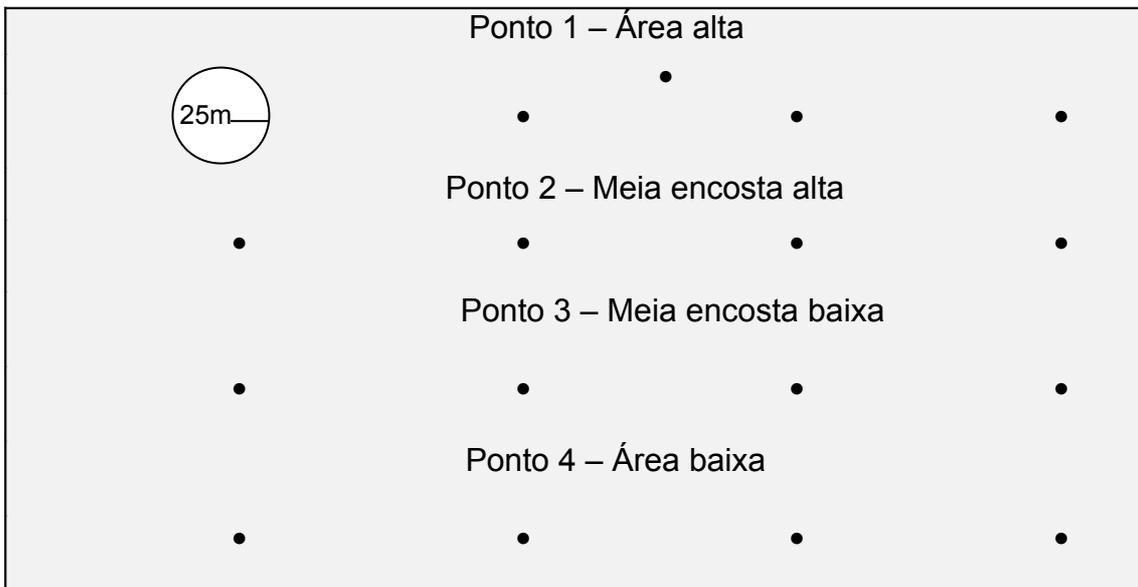


Figura 5 - Esquema de amostragem utilizado nas áreas experimentais.

3.2.3.1. Solo

As amostras de solo foram coletadas a 10 -15 cm de profundidade, com trado inoxidável, para evitar contaminação. Foram demarcados 16 pontos fixos em cada potreiro experimental (Áreas 1 e 2), em torno dos quais foram retiradas 10 subamostras, que constituíram uma amostra composta.

3.2.3.2. 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.

3.2.3.3. 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.(1973b), para a coleta e processamento das amostras.

3.2.3.4. Análise das amostras de solo, vegetação e soro de sangue

A análise dos distintos materiais foi efetuada de acordo com os métodos convencionais utilizados em laboratórios.

- No solo: foram analisados os teores de argila, matéria orgânica, pH, e os teores de macro e microminerais, segundo os métodos propostos por Tedesco et al.(1985).
- Nas plantas: foram analisados os macro e microminerais (Tedesco et al., 1985).
- No soro de sangue: foram analisados os mesmos minerais. As amostras foram processadas e analisadas de acordo com Fick et al. (1980).

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 UFRGS –Universidade Federal do Rio Grande do Sul - utilizando-se reagentes de primeira qualidade (P.A.) e leituras em aparelhos de alta precisão.

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:

$$y_{ijk} = m + p_j + a_i + e_{ij} \quad i=1,2,\dots,12; j=1,2,3,4,$$

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 menos 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 foram não 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:

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

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:

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

onde:

$$a_k^2 = p_k^2 + q_k^2; \quad A_k = \text{artg} \frac{p_k}{q_k}, \quad k=1,2,\dots,5,$$

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:

Prob. > F			Decisão
C ₁ ou S ₁	C ₂ ou S ₂	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 X- Análise da variação com decomposições da variação 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	S ₁	1	44,4909	0,0006	7,7343	0,0901
	C ₁	1	6,7442	0,1501	1,8938	0,3937
Desvio	9	12,1660	0,0018	16,3261	<,0001	
Semestral	S ₂	1	5,2812	0,2013	5,2812	0,2013
	C ₂	1	5,5104	0,1920	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 fósforo e cada uma das demais variáveis referentes ao solo, à planta e ao animal, e entre fósforo 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 fósforo 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 DISCUSSÃO

4.1. Composição florística da vegetação do campo natural

Neste estudo, o objetivo foi verificar a influência das estações do ano sobre a composição florística em campos naturais da Serra do Sudeste, RS, quando utilizados com carga animal controlada. Este é um parâmetro valioso para o conhecimento destes campos naturais, para diagnosticá-los e para indicar práticas de manejo para melhor suprir as necessidades nutricionais dos animais.

Outro objetivo deste levantamento foi observar uma possível modificação na composição florística das comunidades das duas áreas estudadas, em função do manejo animal diferenciado utilizado no período antecedente à fase experimental.

A análise dos dados referentes a composição florística da vegetação do campo natural nas duas áreas experimentais, foi realizada considerando o final do inverno de 1996 como situação inicial e o levantamento realizado no final outono de 1997 como situação final (Apêndice 2A).

Este procedimento foi adotado de modo a permitir a observação dos efeitos influentes da época (estação climática) sobre o ciclo evolutivo da comunidade vegetal, composição florística da vegetação, bem como relacionar os grupos de espécies predominantes com a qualidade nutricional da pastagem natural.

O levantamento florístico não objetivou a determinação de espécies individuais ocorrentes na vegetação natural, mas sim grupos de espécies: gramíneas e leguminosas de estação fria e quente; e outras espécies consideradas como folhas largas.

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* (quicuío) foram observadas embora em menor escala. O quicuío foi mais presente em manchas na Área 2. A constatação da predominância de *Paspalum notatum* e

Axonopus affinis, este abundante nas partes mais baixas, na composição florística da pastagem natural concorda com as observações realizadas por Macedo et al. (1985) e Siqueira et al. (1994), em campos naturais da região da Campanha. Para a Serra do Sudeste, Gonçalves et. al (1997) também mencionam *Paspalum notatum* e *Axonopus affinis*, entre outras gramíneas, como as gramíneas de maior presença entre as que apresentam bom valor forrageiro. Segundo os autores, *Paspalum notatum* é a espécie dominante no estrato inferior, com cobertura de solo de 49,3%.

Dentro da comunidade estudada por Girardi-Deiro e Gonçalves (1987), na região sudoeste do Rio Grande do Sul, *Paspalum notatum* igualmente foi uma das espécies de maior importância.

Em levantamentos florísticos sobre fatores estacionais e ambientais, em campo natural da Depressão Central-RS, também constatou-se como espécies mais freqüente *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* (PILLAR, 1988; ROSITO, 1983), *Andropogon lateralis* e *Aristida filifolia* (PILLAR, 1988). Castilhos (1993) destaca como principais representantes da flora campestre do Estado espécies de *Panicum*, *Paspalum* e *Axonopus*.

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 (BOLDRINI, 1997; GOMES, 1984; GIRARDI-DEIRO e GONÇALVES, 1987; GONÇALVES e GIRARDI-DEIRO, 1986; GONÇALVES et al., 1997; MACEDO et al., 1985; PILLAR, 1988; POTT, 1974; ROSITO, 1983). Leguminosas do gênero *Stylosanthes* sp. apareceram com menos freqüência.

Pott (1974) refere-se ao *D. incanum* como a espécie, entre as leguminosas nativas, de maior cobertura, o que é confirmado por Gonçalves & Girardi-Deiro (1986) e Girardi-Deiro e Gonçalves (1987), em Bagé-RS.

Souza (1989), em experimento na Depressão Central-RS, verificou o *Axonopus affinis*, o *Desmodium incanum* e *Paspalum notatum* como componentes de maior contribuição na pastagem natural, confirmando as observações realizadas no presente trabalho, na Serra do Sudeste.

Deste modo, *Paspalum*, *Axonopus* e *Panicum*, bem como *Desmodium incanum* (pega-pega), são consideradas de grande representatividade e importância nas pastagens naturais do Rio Grande do Sul (BARRETO e KAPPEL, 1967; CASTILHOS, 1993; GIRARDI-DEIRO e GONÇALVES, 1987; GIRARDI-DEIRO et al.,

1992; GONÇALVES, 1999; GONÇALVES e GIRARDI-DEIRO, 1986; GOMES, 1984; PILLAR, 1988; POTT, 1974; PRESTES et al., 1976; ROSITO, 1983).

Como principais representantes de gramíneas de estação fria foram observadas *Piptochaetium montevidense* (cabelo-de-porco), *Stipa* sp. (flexilha) e *Vulpia* sp. (vulpia).

As leguminosas de estação fria predominantes nas áreas experimentais foram *Trifolium polymorphum*, que é a mais freqüente na região (BOLDRINI, 1997), e com baixa participação foi observado *Trifolium campestre*.

No que se refere as espécies do grupo folhas largas, é importante salientar que foram consideradas para a avaliação somente as áreas úteis para o pastejo dos animais, considerando como folhas largas apenas as espécies do estrato inferior, como: *Diodra disiccephala* (poaia), *Richardia brasiliensis* (poia-branca), *Herbertia pulchella* (bibí), *Ortopappus angustifolius* (língua-de-vaca), *Juncus bufonius* (junquinho), *Dichondra sericea* (orelha-de-rato), roseta comum, *Krapovikasia macrodon*, *Salvia procurens*, *Oxalidáceas*, *Ciperáceas* etc., as quais, supostamente, não são ingeridas pelos animais.

Não foram consideradas na avaliação da composição florística, o grupo as 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 eram: *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), este muito comum na região (Boldrini, 1997), 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.

A primeira avaliação, que deveria ocorrer no início de setembro de 1996, foi realizada somente no início de outubro (11/10) em virtude das precipitações pluviais, que tiveram lugar desde o início de setembro até a primeira semana de outubro.

Na Tabela 2 observa-se a 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.

Tabela 2 - Composição florística estacional, do campo natural de duas áreas experimentais, na região agroecológica Serra do Sudeste.

Grupos de Espécies	Composição Florística (%)							
	Inverno		Primavera		Verão		Outono	
	Área 1	Área 2	Área 1	Área 2	Área 1	Área 2	Área 1	Área 2
Gramíneas de estação quente	70,0	66,9	70,6	73,3	76,8	74	72	78,6
Gramíneas de estação fria	7,9	5,8	4,7	1,6	-	-	2	0,7
Leguminosas de estação quente	0,2	0,3	2,1	6,8	2,7	8	0,2	0,8
Leguminosas de estação fria	0,4	2,9	-	-	-	-	-	0,3
Folhas largas	21,4	24	22,5	18,3	20,5	18	26	19,5

Nesta mesma avaliação as gramíneas de estação fria estiveram representadas com um percentual considerável nas duas áreas. Na Área 1 o percentual deste grupo foi 1,36 vezes maior que na Área 2. Este fato, provavelmente, deve-se aos efeitos do manejo pré-experimental, uma vez que, com a abertura da comunidade vegetal na Área 2, através do superpastejo, os outros grupos de espécies tiveram uma maior oportunidade de expressão. Isto fica claro quando se observa que o percentual de participação das gramíneas de estação quente foi aproximadamente 1,05 vezes menor e o de folhas largas 1,1 vezes maior na Área 2, quando comparados aos da Área 1.

Da mesma forma, pela abertura da comunidade vegetal, tanto o percentual das leguminosas de estação fria, como às de estação quente foram 7,25 e 1,1 vez

maiores, respectivamente, na Área 2. As dejeções dos animais na Área 2, devido ao manejo animal na fase pré-experimental, foi outro fator que deve haver afetado as características da vegetação. Isto porque, com o aumento da matéria orgânica pré-digerida, e com a conseqüente incorporação da mesma no período experimental na camada superficial do solo, pode ter propiciado um aumento nos teores de nitrogênio, já que a matéria orgânica constitui-se na fonte deste elemento para as plantas (MALAVOLTA, 1980; MENGEL e KIRBY, 1982). Na Área 2, os teores de P-extraível no solo revelaram-se significativamente maiores do que na Área 1. Por sua vez o possível aumento dos teores de nitrogênio e o maior teor de P no solo da Área 2, pode ter favorecido o maior aparecimento de leguminosas de estação fria e de estação quente.

A segunda avaliação (12/12), foi realizada durante um período de estiagem, que perdurou do novembro/96 ao final de janeiro/97 (Figura 6). Ainda em função do manejo pré-experimental, a Área 2, mais desprotegida pelo menor volume de pasto e plantas invasoras arbustivas, em relação a Área 1, sofreu mais sob os efeitos das altas temperaturas no período e, principalmente, pela maior drenagem do terreno. Levando em consideração as características das áreas, esta última afirmativa encontra sustentação não só por observações empíricas da equipe, como também quando se considera a descrição feita por Cunha et al.(1998), que sugere uma menor retenção de umidade na Área 2.

Neste período, novamente a contribuição das gramíneas de estação quente prevaleceu sobre os demais grupos de espécies, seguida do grupo folhas largas (Tabela 2). No mesmo contexto, nota-se que o maior percentual de gramíneas de estação quente na Área 2, foi acompanhado de um menor percentual de folhas largas, fato que pode ter acontecido devido as condições supracitadas. Também em função daqueles fatores e da abertura da comunidade vegetal os percentuais de gramíneas de estação fria, embora baixos nas duas áreas, foi três vezes maior na Área 1.

Embora constatando-se, ainda, a presença de leguminosas de estação fria visualmente, na avaliação de primavera, elas não apresentaram participação suficientemente significativa em termos de peso de matéria seca, para que aparecessem em percentual de espécies contribuintes. Em compensação, o percentual de leguminosas de estação quente aumentou consideravelmente, sendo 3,2 vezes maior na Área 2, em relação a Área 1. O percentual maior na Área 2,

possivelmente deve-se a maior capacidade de expressão das leguminosas de estação quente, em virtude da abertura da comunidade vegetal, associada às condições climáticas favoráveis nos meses de primavera, bem como às características físicas do solo desta área, que possibilitaram boa drenagem, capacidade de aeração, e mesmo à incorporação da matéria orgânica, características estas de grande importância para o estabelecimento e desenvolvimento de leguminosas (CLOSE et al., 1986). Outro fator importante foi que esse grupo de espécies era representado quase que exclusivamente por *Desmodium incanum*, o qual apresenta tolerância a falta de água estacional desde que não seja um período muito prolongado (CLOSE et al., 1986).

Fortes e contínuas precipitações pluviais no mês de fevereiro e até o começo do mês de março (Figura 6) precederam a terceira avaliação, de verão (11/03).

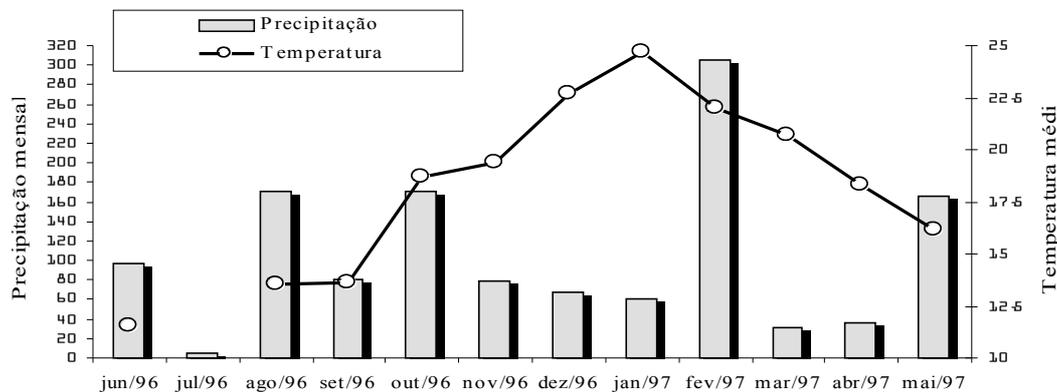


Figura 6 - Dados climáticos durante o período experimental.

O quadro que se observa na Tabela 2 reflete a época e as condições climáticas vigentes naquele período. Novamente as gramíneas de estação quente e as folhas largas foram os grupos de espécies que mais contribuíram para a composição florística da vegetação do campo natural nas duas áreas.

Conforme esperado, não houve participação das espécies de estação fria (gramíneas e leguminosas), uma vez que, normalmente, neste período as condições

climáticas não são propícias ao desenvolvimento destas espécies. Entretanto, devido às condições climáticas favoráveis, a partir de fevereiro, observou-se um alto percentual de leguminosas de estação quente, que foi três vezes maior na Área 2 que na Área 1, sendo os fatores influentes os citados anteriormente.

No final do outono, embora as condições fossem adversas no que diz respeito ao regime hídrico, já que desde meados de março até meados de maio precipitações pluviais insuficientes, e as temperaturas relativamente amenas (Figura 6), propiciaram a manutenção do desenvolvimento de espécies de estação quente .

Na quarta avaliação, no outono (30/05), outra vez as gramíneas de estação quente e as folhas largas foram os grupos de espécies predominantes. Na Área 2 a presença de gramíneas de estação quente foi aproximadamente 1,1 vezes maior e a de folhas largas 1,3 vezes menor que na Área 1. Em compensação na Área 1 observou-se quase três vezes mais gramíneas de estação fria que na Área 2.

No que se refere às leguminosas, os percentuais levantados foram bastante baixos nas duas áreas. Entretanto, na Área 2, o percentual das leguminosas de estação quente, embora o adiantado da época, era quatro vezes maior. Enquanto na Área 2 já se constatava a presença de leguminosas de estação fria, na Área 1 estas não se apresentavam em quantidades suficientes para serem consideradas como contribuintes.

Embora o comportamento da comunidade vegetal, em função da sazonalidade das distintas espécies, tenha sido semelhante nas duas áreas estudadas, é interessante observar-se as tendências anuais do aparecimento e desaparecimento dos grupos de espécies em cada área, considerando os efeitos do manejo pré-experimental. Quando se compara os percentuais de participação das espécies componentes de vegetação das duas áreas, observa-se claramente o efeito do manejo pré-experimental.

O exame da composição florística da comunidade vegetal do extrato inferior por área e por estação (Tabela 2), permite comparar e confrontar a participação e predominância dos distintos grupos de espécies nas quatro avaliações estacionais realizadas.

Na Área 1 os percentuais de gramíneas de estação quente mantiveram-se estáveis nas avaliações do final do inverno e final da primavera, com uma participação de cerca de 70%. Na avaliação do final do verão esta participação

aumentou em 1,1 vezes (10 %), voltando a decrescer em 1,06 vezes (6 %) no começo do inverno.

No mesmo período, na Área 2, houve um incremento de 1,1 vezes (10 %) nas gramíneas de estação quente da primeira para a segunda avaliação, no final da primavera. No final do verão a participação deste grupo permaneceu praticamente estável, voltando a apresentar um incremento de 1,06 vezes (6,1 %) no final do outono, em relação a avaliação anterior.

Com exceção da avaliação do final do verão, as gramíneas de estação fria apareceram em todas as avaliações nas duas áreas, muito embora o percentual destas fosse na Área 1 (pastejo normal) de 1,36; 2,93 e 2,86 vezes maior que na Área 2 (superpastejada), nas avaliações de final de inverno, primavera e outono, respectivamente.

Apesar de que as leguminosas de estação quente estivessem presentes em quase todas as avaliações, a sua contribuição na vegetação foi em geral muito baixa, principalmente nas observações feitas no final do inverno e final do outono. Entretanto ocorreu um forte incremento no final da primavera e verão, sendo que no final da primavera a sua participação foi maior na Área 2, sendo 1,5; 3,24; 3,0 e 4,0 vezes maior do que na Área 1, nas quatro avaliações realizadas, respectivamente.

O grupo leguminosas de estação fria foi o que menos contribuiu para a composição florística da vegetação do campo natural, uma vez que a sua maior presença foi constatada na primeira avaliação (final de inverno), na qual foram observados percentuais muito baixos. O maior percentual ocorreu na Área 2 e, foi 7,25 vezes maior que na Área 1. Apesar de que estas espécies, principalmente o *Trifolium polymorphum*, ainda fossem observados na avaliação do final da primavera, não encontravam-se em quantidades suficientes em peso de matéria seca, e fossem considerados como contribuintes na área avaliada. No final do outono as leguminosas de estação fria foram observadas somente na Área 2, em pequena quantidade.

O segundo maior grupo em contribuição na composição da vegetação do campo natural, nas duas áreas estudadas, foi o das folhas largas. Na Área 1, sua contribuição manteve-se praticamente igual no período inverno-primavera-verão, aumentando no final do outono. Na Área 2, provavelmente devido ao manejo pré-experimental, o comportamento foi inverso, ou seja, decresceu no final da primavera

mantendo-se praticamente estável a partir daí até o final do outono. Entretanto, as diferenças entre as duas áreas em termos de percentuais não foi grande.

As observações sobre a composição florística do estrato inferior, em geral, estão em acordo com o esperado e com as observações de Moojen (1991), na Depressão Central, e as citadas para a Serra do Sudeste (BOLDRINI, 1997; GONÇALVES et al., 1997).

Assim sendo, as principais observações relativas a composição florística são:

- A cobertura vegetal dos “estratos médio e superior” (perfazendo 35 a 50% da cobertura do solo) é constituída por espécies arbustivas e não forrageiras;
- Os grupos de espécies gramíneas de estação quente e folhas largas contribuíram com aproximadamente 74% e 20%, respectivamente, no período primavera-estival, perfazendo 94% da vegetação disponível no estrato inferior do campo natural nas áreas estudadas. No período outono-hipernal as gramíneas de estação quente e folhas largas participam com 72% e 23%, respectivamente, perfazendo 95% da vegetação;
- Ausência de uma proporção significativa de leguminosas;
- O superpastejo no período pré-experimental parece aumentar a presença de espécies minoritárias importantes na vegetação (leguminosas de estação fria e quente). A redução da taxa de lotação, após períodos de superlotação, provoca efeitos benéficos imediatos na vegetação de áreas superpastejadas por curtos períodos.

Estas observações servem como fonte de discussão para os resultados obtidos no conjunto de dados do presente estudo.

4.2. Dinâmica do crescimento da pastagem natural e desenvolvimento ponderal dos animais

Os resultados da dinâmica do crescimento e da forragem disponível dos campos naturais das duas áreas experimentais objetivaram: (a) fornecer informações sobre a capacidade das Áreas 1 e 2 em suprir os animais com forragem durante o ano; (b) gerar conhecimentos sobre a ecologia da produção da vegetação

campestre da região Serra do Sudeste, até o momento não estudada, e (c) complementar as discussões dos resultados envolvendo a dinâmica sazonal do P no sistema solo-pastagem-animal.

4.2.1. Matéria seca disponível

As áreas experimentais apresentaram uma diferença altamente significativa ($P = 0,0006$) para a matéria seca (MS) disponível (Apêndice 3A) durante o período experimental, assim como as épocas de avaliação ($P < 0,0001$) e a interação área x épocas ($P < 0,0001$). As repetições (locais de coleta das amostras da forragem) mostraram variações altamente significativas entre si ($P < 0,0001$). O coeficiente de variação de 26,79% pode ser considerado como dentro de limites aceitáveis em avaliações desta natureza.

O fato da média anual da MS disponível na Área (1755 kg/ha) ter sido significativamente maior do que a da Área 2 (1404 kg/ha) é consequência do superpastejo nesta última, durante o período pré-experimental. Este efeito manteve-se durante a condução do experimento, pois somente nas últimas avaliações, é que a MS disponível entre as áreas tendeu a atingir patamares semelhantes (Figura 7).

A diferença significativa para as épocas caracteriza a variação anual na MS disponível. No entanto, apesar da interação área x época ser altamente significativa (Apêndice 3A), as curvas traçadas ajustaram-se a um mesmo modelo. Considerando os pontos observados em junho na Área 1 (768 kg/ha de MS), a disponibilidade de forragem foi duas vezes superior à da Área 2 (360 kg/ha de MS) – uma consequência do superpastejo do período pré-experimental na Área 2.

O inverno (junho-julho-agosto) foi o período de menor disponibilidade de MS para ambas as áreas. Na Área 1, a MS disponível aumentou de modo contínuo do inverno até meados da primavera (outubro), com tendência a uma discreta queda a partir do fim da primavera e durante o verão, para diminuir acentuadamente no outono. Os períodos de maior disponibilidade de forragem ocorreram entre os meses de setembro a março. Já na Área 2, a forragem disponível aumentou continuamente do inverno até meados da primavera (outubro), para diminuir desde novembro até janeiro, e aumentar novamente até o início do outono, sendo este um possível efeito da renovação e recuperação da vegetação após a alta carga animal utilizada no período pré-experimental.

Os efeitos da estiagem durante os meses de novembro, dezembro e janeiro (Figura 6), acusados nos pontos observados e nas curvas ajustadas, causaram uma diminuição na forragem disponível entre novembro e janeiro em ambas as áreas (Figura 7). A estiagem e os fatores climáticos aparentemente influenciaram, de modo semelhante, a tendência geral da inflexão das curvas ajustadas para as duas áreas.

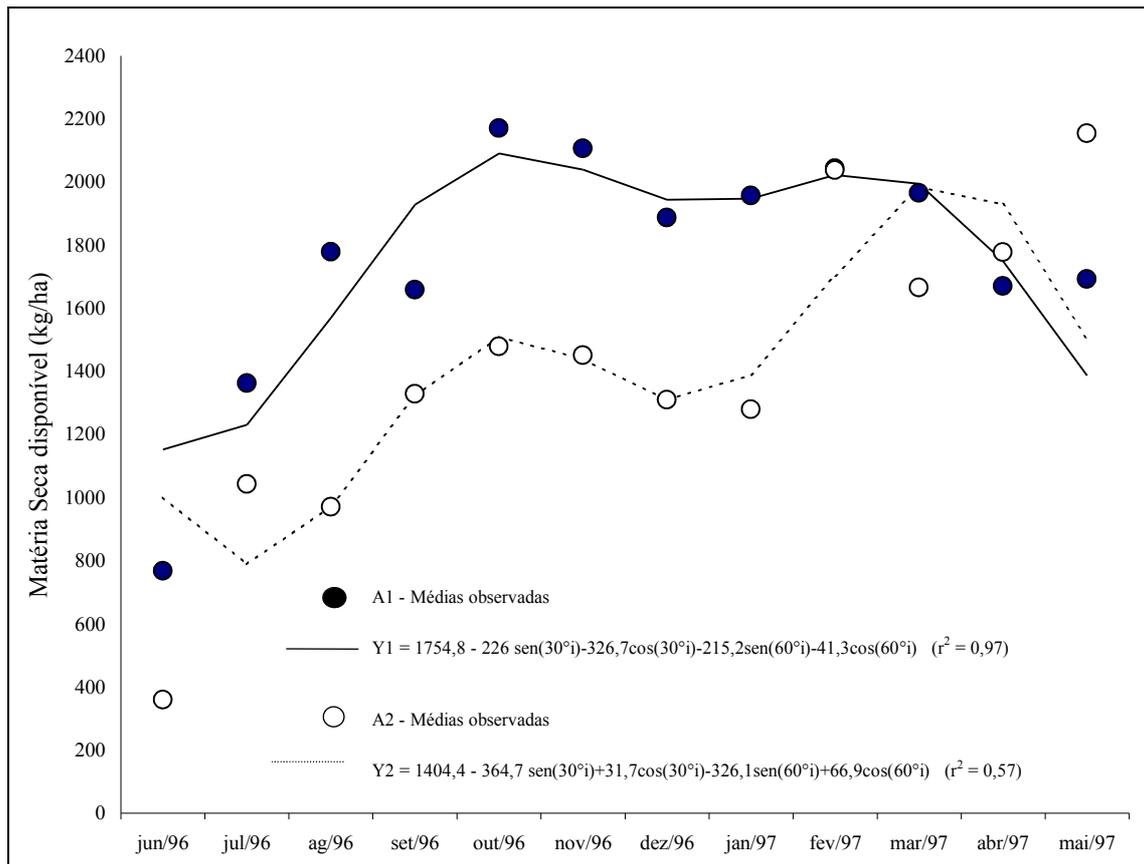


Figura 7 - Dinâmica da matéria seca disponível, em duas áreas de campo natural na Serra do Sudeste.

Conforme Salomoni et al.(1988), em Bagé, região da Campanha, em condições de chuvas normais no verão, a disponibilidade máxima de forragem ocorreu em janeiro-fevereiro-março. O período anual de menor produção mensal de forragem e de menos MS disponível, considerado como crítico, foi entre junho e agosto (inverno). Porém, no segundo ano de avaliação, quando ocorreu déficit hídrico de novembro a fevereiro, a MS disponível e a produtividade do campo decresceram muito, chegando a valores próximos aos do inverno. Nestas condições, a curva da dinâmica anual da MS disponível do campo natural em Bagé mostrou uma inflexão semelhante à obtida no presente experimento.

Tais fatos demonstram que, em ambos os locais, com vegetação com predominância das gramíneas de ciclo estival *Paspalum notatum* e *Axonopus affinis*, ocorre grande influência do clima, ou seja, necessidade de calor e umidade para que haja boa produtividade (ALFAYA et al., 2003b; FREITAS et al., 1976; SALOMONI et al., 1988).

As repetições (áreas de amostragem) diferiram significativamente (Apêndice 3A). Um efeito da desuniformidade nas áreas experimentais, que caracterizaram-se pelo relevo declivoso, e pontos de coleta em locais altos ou baixos (Figuras 3 e 4, em Material e Métodos), e pelas variações na vegetação nos distintos gradientes altimétricos (BOLDRINI, 1997; MOHERDIECK, 1993).

4.2.2. Crescimento mensal da pastagem

As áreas experimentais não diferiram ($P > 0,05$) quanto a produção anual de forragem (Apêndice 4A). As épocas de avaliação ($P < 0,0001$) e a interação área x épocas ($P = 0,0017$) apresentaram diferenças altamente significativas. As repetições (locais de coleta das amostras) não variaram entre si ($P > 0,05$). O coeficiente de variação foi muito alto (C.V. = 99,66%), o que demonstra a dificuldade em obter-se avaliações precisas da produção da vegetação destes campos naturais pelo método de gaiolas móveis e pareadas. Seria necessário avaliar um maior número de pontos amostrais. Em se tratando de experimento em propriedades rurais, e com várias outras coletas realizadas no mesmo dia (solo e forragem para análises da qualidade nutricional e de minerais, soro de sangue e pesagem de animais), o aumento do número de pontos amostrais não foi possível.

As produções totais anuais de forragem obtidas nas Área 1 (6058 kg/ha de MS) e Área 2 (5263 kg/ha de MS) estão dentro da variação média anual das produções de campos naturais em Bagé, entre 3000 a 7000 kg/ha/ano, dependendo do tipo de solo (EMBRAPA ..., 2000). São semelhantes às produções obtidas em São Gabriel (FREITAS et al., 1976), de 5765 kg/ha/ano, e inclusive na média mensal de produção: 480 kg/ha em São Gabriel, 505 kg/ha na Área 1 e 430 kg/ha na Área 2.

A variação da produção, nos diferentes meses, é apresentada na Figura 8. Na primeira avaliação, no início do inverno (junho), a produção mensal ainda foi alta, mas decresceu ao longo desta estação fria. Os baixos crescimentos mensais durante o inverno resultaram da pouca participação de espécies de estação fria na forragem e da vegetação ser formada principalmente por gramíneas de estação

quente (Tabela 2), que são mais sensíveis as baixas temperaturas da estação (Figura 6). A produção de matéria seca foi mais alta no início do inverno (junho) devido a presença de forragem remanescente do fim do outono, em fim de ciclo vegetativo, e matéria morta (ALFAYA et al., 2003b).

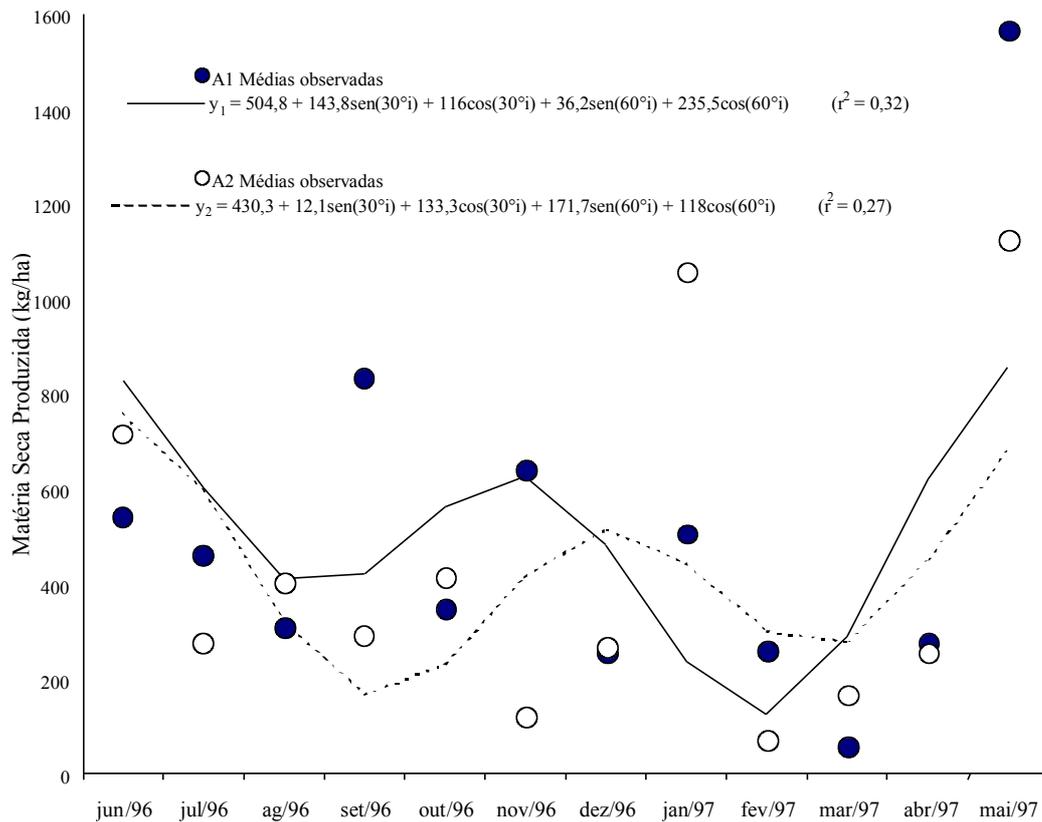


Figura 8 - Dinâmica do crescimento de matéria seca em duas áreas de campo natural na Serra do Sudeste, RS.

As épocas do ano de maior crescimento mensal foram a primavera, e o outono; com subsequente queda de crescimento à partir da primavera e durante o verão. O crescimento mensal da pastagem natural durante a estação quente pareceu fortemente influenciado pela estiagem presenciada desde novembro até início de fevereiro (Figura 6), quando verificou-se a diminuição nas produções mensais. Um considerável aumento no crescimento da forragem ocorreu no outono, no período após a estiagem. Estes aumentos em produção são proporcionais à intensidade da estiagem, e foram proporcionados por melhores condições de

crescimento para as espécies predominantes na vegetação (72-79 % de gramíneas de estação quente, Tabela 2), como umidade e temperaturas ainda amenas (Figura 6).

A influência da estiagem sobre a baixa produção estival é justificável, pois solos superficiais e com afloramentos rochosos apresentam deficiências na distribuição anual da produção, bem como baixos rendimentos (CARÁMBULA, s.d.). Assim sendo, os períodos de maior produção mensal desta pastagem não ocorreram dentro dos períodos normais esperados para os campos naturais do Rio Grande do Sul, que são primavera, verão e início de outono (MACHADO, 1999; PAIM, 2003; SALOMONI et al., 1988).

O sobrepastejo pré-experimental na Área 2 também afetou negativamente as suas produções mensais de forragem, porém somente até dezembro (Figura 8), quando provavelmente houve uma recuperação da área foliar da vegetação, e conseqüentemente, da sua capacidade de crescimento.

A dinâmica anual da produção de forragem nas Áreas 1 e 2 tem semelhança com a obtida por Salomoni et al. (1988) em Bagé, no período em que ocorreu forte estiagem na estação quente, quando as produções mensais do campo natural não passaram de 200 a 300 kg/ha de MS. Estes resultados indicam que a dinâmica do crescimento mensal de forragem é influenciada principalmente pelas condições climáticas e pela composição florística da vegetação nas estações do ano (ALFAYA et al., 2003b).

A comparação entre a dinâmica da forragem disponível (Figura 7), com a da produção mensal (Figura 8), mostra que os efeitos da estiagem de novembro até início de fevereiro (Figura 6) são mais pronunciados sobre a forragem produzida.

4.2.3. Desenvolvimento ponderal dos animais

O exame das Figuras 7, 8 e 9 indica uma tendência do peso vivo dos animais em acompanhar a tendência das curvas da forragem disponível. A exceção ocorreu no período junho-julho-agosto, quando os animais perderam peso.

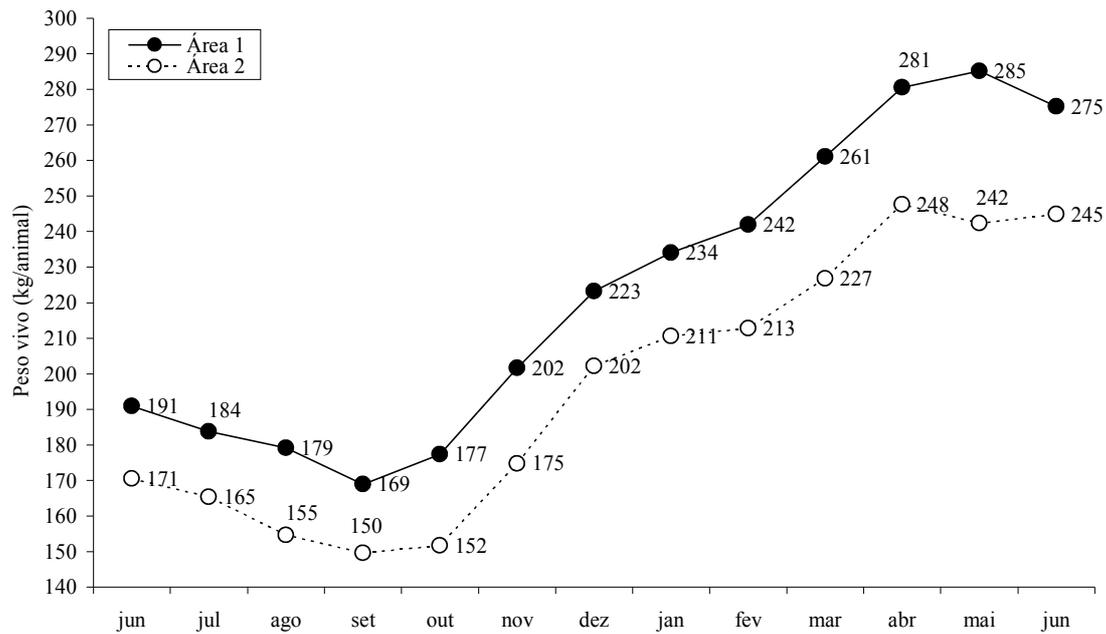


Figura 9 - Variação no desenvolvimento ponderal das novilhas em duas áreas de campo natural na Serra do Sudeste, RS.

Durante o inverno (junho a agosto) as disponibilidades mensais de MS situaram-se, em geral, abaixo de 1300 kg/ha (Figura 7). As avaliações da forragem “disponível” foram realizadas com cortes ao nível do solo, em uma vegetação muito baixa e de hábito prostrado e, provavelmente, parcialmente acessível à capacidade de apreensão dos animais. Possivelmente estes não colheram quantidades de volumoso e nutrientes necessários à sua manutenção. Foi o período em que ocorreram perdas contínuas de peso pelas novilhas, em ambas as áreas experimentais. À partir de setembro, os animais começaram a recuperar o peso perdido (Figura 9). De setembro em diante a curva de ganho de peso dos animais acompanhou as inflexões da curva de MS disponível, para estabilizar e decrescer em abril-maio, quando a MS disponível também diminuiu (Figuras 7 e 9). Os ganhos de peso foram maiores durante a primavera, quando a forragem apresentou a melhor qualidade (DIAS, 1998). Em geral, esta é a tendência do desenvolvimento ponderal de bovinos criados nos campos naturais do Rio Grande do Sul (MACHADO, 1999; PAIM, 2003; SALOMONI et al., 1988).

Conforme resultados obtidos por Alfaya et al. (2001a) na região da Campanha, a sazonalidade que ocorre na produção de forragem do campo natural, é observada principalmente na estação fria, pois o clima rigoroso afeta negativamente a produção e a qualidade da forragem neste período, e exerce efeito negativo sobre os animais em pastejo. Os autores mostram que o período compreendido entre o final do outono e meados do inverno é o mais crítico de disponibilidade e ingestão de nutrientes para animais em crescimento mantidos em campo natural. Segundo os autores, a quantidade de energia é insuficiente para a manutenção dos mesmos. Já ao final do outono, a Elm (energia líquida para manutenção) disponível na dieta decresce e não é suficiente para cobrir as necessidades nutricionais de manutenção.

Eichelberger et al.(1998) analisaram a qualidade da forragem do presente experimento na Serra do Sudeste e concluíram que a EM (energia metabolizável) é deficiente para os animais durante o inverno, tornando-se suficiente somente no início da primavera.

Alfaya et al. (2001b) reportam também que as quantidades de proteína, e principalmente de energia, são baixas na vegetação do campo natural no inverno. Mostram ainda que a disponibilidade de energia (EM, Elm e Elg – energia líquida para ganho) correlaciona-se alta e positivamente com a ocorrência e crescimento de espécies características da estação.

Por outro lado, Dias (1998) e Eichelberger et al.(1998) mostram que, durante a estação fria, outros parâmetros qualitativos da forragem do campo natural aqui estudado também são limitantes para a produção animal. Concluem que os teores de lignina, hemicelulose, FDN e FDA são altos no inverno, mas decrescem linearmente desde o inverno até o final da primavera.

Desta maneira, dos itens 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3 infere-se que: (a) a pastagem natural não apresentou qualidade e quantidade de forragem e nutrientes suficientes para as necessidades de manutenção dos animais no inverno (Alfaya et al, 2001ab; Dias, 1998; Eichelberger et al., 1998); (b) a dieta alimentar consumida pelos animais foi suficiente para aumento no peso desde o início da primavera (setembro) até o final do outono (maio); (c) a dinâmica anual da forragem disponível constituiu-se em um parâmetro eficiente na predição das variações anuais no peso dos animais.

4.3. Dinâmica sazonal e relações do fósforo na passagem pela cadeia solo-pastagem-animal

Neste item serão apresentados os resultados da dinâmica anual do fósforo na sua passagem pela cadeia solo-pastagem-animal, em campos naturais da região agroecológica Serra do Sudeste, e discutidos os fatores que influenciam esta dinâmica.

4.3.1. Fósforo no solo

Os valores médios anuais do P-extraível e das demais variáveis no solo de cada uma das áreas (Área 1 e Área 2), foram interpretados segundo os critérios utilizados nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE..., 2004).

Os solos pertencem a Classe 4; possuem médios teores de matéria orgânica; o pH é muito baixo na Área 1, e baixo na Área 2 (Tabela 3). Os níveis médios de P são muito baixos na Área 1 e baixos na Área 2. Os dois solos apresentam altos níveis dos macroelementos potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Ambos os solos possuem baixos teores de alumínio (Al) na superfície. No entanto, os solos destas áreas são considerados como alumínicos pois há altos teores do mineral nos horizontes mais profundos, segundo análises realizadas nos perfís (CUNHA et al, 1998).

Um fato notório são os altos níveis dos microelementos zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B), e o teor muito alto para o manganês (Mn), em ambos os solos. A fonte consultada não especifica interpretação para os níveis de ferro (Fe), que também são elevados nestes solos. O teor de sódio (Na) é muito baixo nas duas áreas.

Os valores médios achados para pH e P-extraível estão dentro das faixas dos resultados de Drescher et al. (1995) para a microrregião Alto Camaquã (inclui municípios da Serra do Sudeste). Das 864 amostras analisadas, 36,3% dos solos apresentaram pH inferior a 5,0, 85% pH inferior a 5,5, e somente 1,6% pH superior a 5,9. Cerca de 80% dos solos apresentaram teores de P menores que o nível crítico (classe de disponibilidade de "Limitante" a "Médio").

Tabela 3 - Valores médios anuais do fósforo extraível e de outras variáveis do solo em cada área

Variável	Área 1		Área 2	
	Valor	Interpretação	Valor	Interpretação
Argila (%)	14,35	Classe 4	14,56	Classe 4
Matéria Orgânica (%)	4,19	Médio	4,45	Médio
pH (H ₂ O)	4,82	Muito baixo	5,02	Baixo
N (%)	0,22	-	0,25	-
P (mg/dm ³)	4,76	Muito baixo	7,21	Baixo
K (mg/dm ³)	135,92	Alto	188,98	Alto
Ca (Cmol _c /dm ³)	5,00	Alto	6,54	Alto
Mg (Cmol _c /dm ³)	1,81	Alto	1,90	Alto
S (mg/dm ³)	19,92	Alto	17,38	Alto
Al (Cmol _c /dm ³)	0,54	Baixo	0,28	Baixo
Zn (mg/dm ³)	5,63	Alto	8,67	Alto
Mn (mg/dm ³)	118,04	Muito alto	102,46	Muito alto
Cu (mg/dm ³)	1,95	Alto	0,57	Alto
B (mg/dm ³)	0,77	Alto	0,92	Alto
Na (mg/dm ³)	18,58	Muito baixo	20,00	Muito baixo
Fe (g/dm ³)	4,06	-	3,05	-

A análise da variação mostrou diferença significativa ($P < 0,05$) para os teores médios anuais do P-extraível entre as Área 1 e Área 2 (Tabela 4), indicando que o teor médio anual do P- extraível no solo da Área 2 (7,21 mg/dm³) foi 34 % superior ao da Área 1 (4,76 mg/dm³).

Os resultados estão dentro das amplitudes encontradas nos levantamentos realizados em solos virgens de diferentes regiões da pecuária do Rio Grande do Sul, que indicam teores médios de P entre 0,6 a 7,00 ppm (AGOSTINI e KAMINSKY, 1976; ALFAYA et al., 2000a; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; SANTOS, 1997; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990).

Tabela 4 - Quadro da análise da variação para o fósforo no solo.

Causas da variação	GL	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Área	1	143,8151042	143,8151042	6,001	0,0497
Época	11	304,0636458	27,6421496	5,34	<0,0001
Área * Época	11	39,6911458	3,6082860	0,70	0,7370
Ponto (Área)	6	143,6631250	23,9438542	4,62	0,0006
Resíduo	66	341,8193750	5,1790814		

Total	95	973,0523958
-------	----	-------------

Média geral = 5,986 (mg/dm³)

C.V. = 38,02%

O maior teor de P- extraível no solo da Área 2 pode provavelmente ser explicado:

(1) Pelo maior teor de matéria orgânica e pH mais alto (Tabela 3);

A decomposição da matéria orgânica possibilita a liberação dos nutrientes mantidos em forma complexa e o aparecimento dos componentes mais simples, que ficam mais disponíveis aos vegetais superiores. Quanto menos ácido o solo, mais disponível é o P proveniente da matéria orgânica; na Área 2, o pH levemente mais elevado pode ter influenciado em uma maior quantidade de P- solúvel (BUCKMAN e BRADY, 1968).

(2) Pelos menores teores de Al, Fe e Mn (Tabela 3);

A solubilidade do P é máxima com pH entre 5,0 a 6,5. Com acidez alta (pH<5,0), em presença de elevadas quantidades de Fe e Al, formam-se compostos fosfatados insolúveis e a disponibilidade de P é afetada negativamente (HAAG e DECHEN, 1994; SANTOS, 1997). Também existe uma relação inversa entre os teores de P-extraível no solo e os teores de Mn (SANTOS, 1997), com níveis bastante altos nos dois solos, mas com valor mais elevado no solo da Área 1 (Tabela 3).

(3) Pelo superpastejo (alta lotação) no período pré-experimental, quando ocorreu uma grande parcagem e portanto maior reciclagem de P, uma vez que houve uma maior transformação da pastagem em matéria orgânica.

O efeito de altas lotações, no aumento do P-extraível no solo, devido a intensificação da reciclagem de P através dos animais, tem sido reportado na literatura (OLIVEIRA, 1993).

O efeito altamente significativo para época ($P < 0,0001$) indica uma dinâmica do P-extraível no solo ao longo do período experimental. Não ocorreu interação significativa entre áreas e épocas (Tabela 4). Portanto, a dinâmica anual da variação do P nos solos das Áreas 1 e 2 foi semelhante, isto é, a variação anual apresentou a mesma tendência. No entanto, os teores médios do P no solo da Área 2 foram superiores aos da Área 1 em todas as estações do ano: 38% no inverno, 72% na primavera, 67% no verão, 30% no outono, e 51% na média anual (Tabela 5). Estas diferenças foram mais acentuadas na primavera e no verão, períodos em que há

maior atividade biológica no solo, conforme comenta-se mais adiante na discussão da dinâmica anual do P no solo.

Tabela 5 - Teores médios de fósforo no solo (mg/dm^3) em cada área e estações do ano e limites inferiores e superiores.

Área	Estações do ano				Médias
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	
Área1	3,92 (3,00-6,00)	4,25 (3,00-8,00)	5,26 (2,00-14,80)	5,62 (3,10-12,40)	4,76b
Área2	5,42 (4,00-7,00)	7,33 (5,00-11,00)	8,78 (5,00-24,20)	7,32 (4,80-11,20)	7,21a

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$)

Os pontos de coleta apresentaram variação altamente significativa para o fósforo no solo ($P=0,0006$) das Áreas 1 e 2 (Tabela 4). As prováveis causas ocorreram em função do relevo ondulado, tais como:

- (1) Distribuição aleatória dos pontos amostrados nos diferentes gradientes de relevo conforme especificou-se na metodologia, e mostrada nas Figuras 3 e 4, em Material e Métodos;
- (2) Conseqüentemente, houve pontos em áreas mais altas, ou mais baixas, com diferentes condições de perfil, matéria orgânica e de umidade. Fatores que influem na composição mineral lábil, no pH e no P-extraível dos diferentes pontos (ANDREW e JOHANSEN, 1978; BUCKMAN e BRADY, 1968; HAAG e DECHEN, 1994);
- (3) A erosão pluvial do P de pontos mais altos para áreas de acumulação em pontos mais baixos, característica de áreas que apresentam relevo fortemente ondulado, como no caso do presente estudo. Santos (1997), por exemplo, encontrou maior teor de P em pontos baixos de um solo Neosolo Litólico. Além da acumulação do P em áreas baixas, estas apresentam níveis maiores de umidade, um fator importante na disponibilidade de P na solução do solo;
- (4) Interação entre minerais (complexação) devido as diferentes concentrações do P no relevo do solo e dos elementos que podem complexar o P, como Mn, Fe, Al e Zn (BUCKMAN e BRADY, 1968; ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1997).

A variabilidade entre os pontos amostrais refletiu-se, portanto, no alto coeficiente de variação (C.V. = 38,02%) revelado na análise da variação (Tabela 4).

Com relação a dinâmica anual dos teores de P-extraível, revelado pelo efeito altamente significativo para épocas (Tabela 4), a análise de regressão apresentou significância para ajustamento de curva trigonométrica com onda anual apenas para a Área 2 ($r^2 = 0,69$). Na Área 1 ($r^2 = 0,52$), a curva foi ajustada pelo teor médio anual do P-extraível, na forma de uma reta (Figura 10A), em razão da análise de regressão ter revelado desvio não significativo ($P > 0,05$).

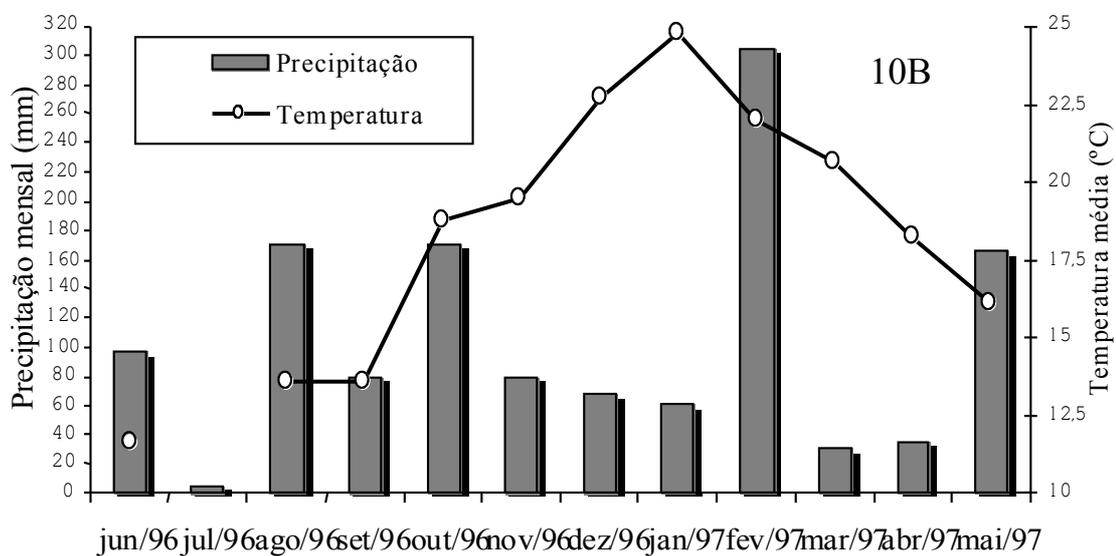
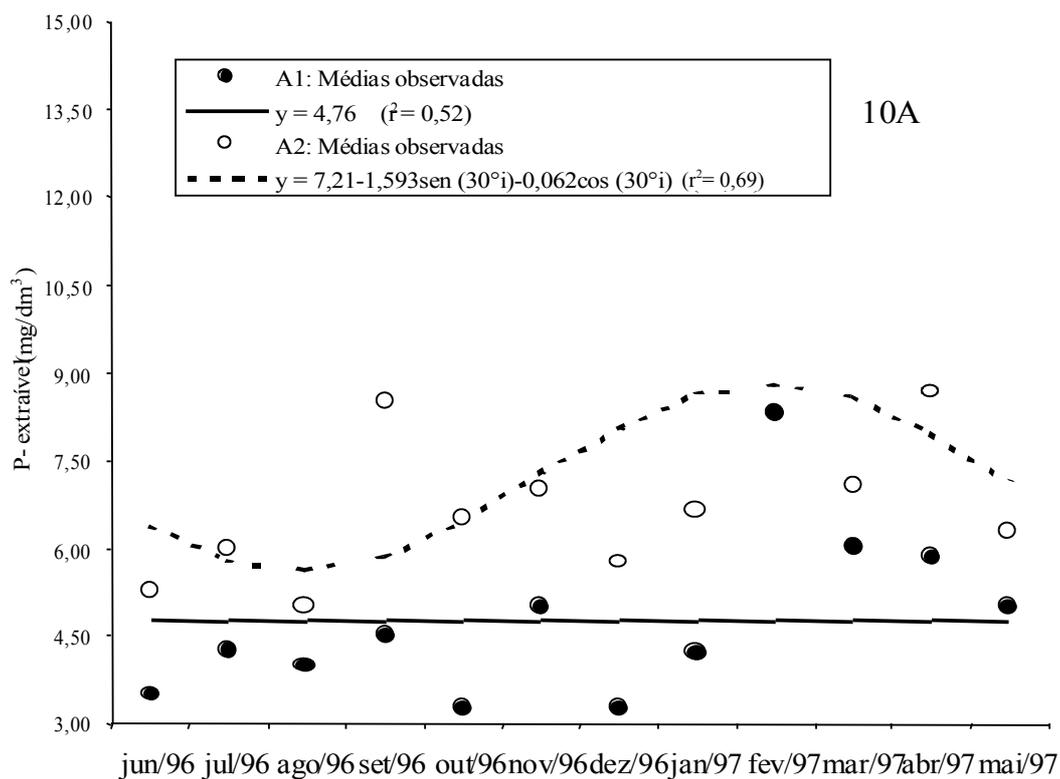


Figura 10 – Variação anual dos teores de fósforo no solo do campo natural nas Áreas 1 e 2 (Figura 10A) e os dados climáticos durante o experimento (Figura 10B).

Deste modo, na Área 1, com menor teor médio de P-extraível, a variação anual do P foi menor. Entretanto, os valores observados apresentavam tendência de variação anual semelhantes em ambas as áreas, pois a interação entre áreas e épocas não foi significativa (Figura 10A; Tabela 4). Na curva ajustada para a Área 2 encontrou-se um ponto de mínima de 5,80 mg/dm³ (agosto), e um de máxima de 8,80 mg/dm³ (fevereiro) de P-extraível (Figura 10A). Observando-se a Tabela 5 e as Figuras 10A (curva ajustada da Área 2) e 10B, nota-se:

- (1) Os menores teores de P-extraível ocorreram nos meses de inverno (junho a agosto), estação com as mais baixas temperaturas médias mensais anuais. Esta condição, somada com a escassa precipitação em julho (total 5,7 mm) – que provocou forte estiagem no período – fizeram com que o menor teor de P-extraível registrado no solo, durante todo o período experimental, ocorresse no mês de agosto. Desta maneira, a estiagem de julho teve efeito retardado, que refletiu-se nos mais baixos teores anuais de P-extraível neste mês;
- (2) Os teores de P-extraível aumentaram progressivamente a partir do início da primavera (setembro), e acompanharam: (a) a normalização das precipitações a partir de agosto e durante os meses de primavera (setembro a novembro) e (b) os aumentos paulatinos nas temperaturas médias com o avanço da primavera;
- (3) Os maiores teores no P-extraível (pico anual) ocorreram nos meses de verão (dezembro a fevereiro), quando as condições de temperatura foram as mais elevadas do período experimental, muito embora no início (dezembro) e meio do verão (janeiro) as precipitações possam ser consideradas como insuficientes para a demanda ambiental do crescimento de forragem nesta época do ano (Figuras 8 e 10B);
- (4) Decréscimo constante nos teores médios do P-extraível a partir do início do outono (março), proporcionalmente aos decréscimos em temperatura, na medida em que se aproximou a estação fria.

Considerando-se os resultados relatados para o P-extraível no solo (Tabelas 3, 4 e 5; Figura 10A), infere-se:

- Para o teor médio anual de P houve uma diferença significativa entre as Áreas 1 e 2. O P-extraível na Área 2 foi superior as da Área 1;
- Os teores médios anuais, e em cada estação, foram sempre baixos ou muito baixos (SOCIEDADE..., 2004), e são inferiores aos valores mínimos necessários para uma adequada produção forrageira;

- Os menores teores médios de P ocorreram no inverno e os maiores no verão;
- O P-extraível no solo apresentou uma dinâmica estacional bem definida e aumentou continuamente do inverno ao verão;
- Na Área 2 o P-extraível aumentou até o verão e diminuiu no outono; na Área 1 esta tendência de queda não foi verificada.

A dinâmica do P-extraível durante o ano pode ser explicada pelas mudanças climáticas, como variações na umidade e temperatura do ar e dos solos, bem como seus efeitos sobre fatores influentes como: a complexação de minerais, e a decomposição e mineralização dos compostos fosfóricos da matéria orgânica. Estes aspectos serão abordados e discutidos a seguir. Achou-se conveniente começar por valores não ajustados (observados) que aparentemente saíram dos padrões normais.

Os valores observados do P-extraível no solo apresentam-se discrepantes e acima da tendência nos meses de setembro (Área 2) e fevereiro (Áreas 1 e 2). Existe mais de uma explicação para estes fenômenos. A primeira está relacionada aos efeitos diretos da umidade no solo, e da temperatura. O pico de setembro reflete o efeito retardado do grande volume de chuvas em agosto (171,2mm), que provavelmente induziram a um aumento do P-disponível na solução do solo. Em fevereiro as chuvas (304mm), concentradas principalmente no início do mês, produziram um efeito semelhante. Um outro motivo provável é o efeito das baixas precipitações em dezembro e janeiro: houve diminuição no crescimento da vegetação campestre (Figura 8) – formada predominantemente por gramíneas de estação quente – e menor absorção de P pelas plantas, ocorrendo assim, acúmulo de P-disponível no solo em fevereiro. Em março, o valor observado de P no solo caiu consideravelmente nos dois solos, um possível reflexo direto: (a) da extração pelo rápido crescimento da vegetação, em resposta ao estímulo das precipitações de fevereiro, conforme mostram a Figura 8 e Alfaya et al. (2003b), e (b) da diminuição nas temperaturas médias (Figuras 10A e 10B).

Os resultados deste experimento assemelham-se apenas parcialmente com os obtidos em três solos da região da Campanha, onde também ocorreram diferenças entre o P-extraível, bem como uma dinâmica significativa nos teores médios de P em função das épocas de avaliação. Porém na região da Campanha (ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1997) a variação anual do P não seguiu o mesmo

padrão: os menores teores de P na solução do solo foram observados entre os meses de novembro a fevereiro, que corresponde ao período final da primavera e os meses de verão. Os aumentos no teor de P ocorreram mais acentuadamente a partir de final do verão e estenderam-se até meados do outono, quando verificou-se o primeiro pico anual do nutriente no solo. A partir do final do outono o teor médio de P declinou levemente até o final do inverno (Figura 1 da Revisão Bibliográfica). Aqueles solos apresentaram teores mais altos de Al e Fe no período quente, quando o P foi menos disponível, já que a disponibilidade do P foi afetada negativamente (complexação dos fosfatos) por Al e Fe. O menor teor de P-disponível no período quente foi também justificado pelo maior crescimento das forrageiras quando houve maior consumo do nutriente pelas plantas.

A disponibilidade do P originário da matéria orgânica é vinculada a sua decomposição: um processo lento e dependente da atividade de microorganismos, cuja atividade é regulada pela temperatura, sendo maior entre 30 a 40°C (BUCKMAN e BRANDY, 1968) – na estação quente, portanto. Nos solos da região da Campanha, a elevada temperatura entre novembro e fevereiro propiciou maior atividade dos microorganismos que se reproduzem rapidamente, utilizando neste processo, além de outras formas de P do solo, o P-disponível. O nutriente passou então a fazer parte do protoplasma microbiano (SANTOS, 1997).

No presente experimento supõe-se que o estresse ambiental causado por (a) precipitações reduzidas em dezembro e janeiro (Figura 10B), e (b) condições de alta evapotranspiração (altas temperaturas, dias longos etc.), causaram ressecamento no solo a ponto de reduzir drasticamente a atividade microbiana. Assim, o aumento do P-extraível observado no mês de fevereiro (Figura 10A) poderia ser também explicado, em parte, pela rápida intensificação no processo de mineralização do protoplasma dos microorganismos mortos, que liberaram o P imobilizado (SANTOS, 1997). O pico de fevereiro ocorreu provavelmente pela liberação do P microbiano e pelo baixo consumo de P pela vegetação, devido ao pouco crescimento durante o período com estiagem (Figuras 8 e 10B).

No outono, com as temperaturas mais baixas o processo de mineralização foi naturalmente reduzido, e o fenômeno de complexação do P com outros minerais – formando complexos de baixa solubilidade – passou a ser detectado pela redução do teor médio de P no solo (Figura 10A, Tabela 5). Este fenômeno, juntamente com

a extração pela vegetação em rápido crescimento pós-estiagem (Figura 8), possivelmente explicam a queda do P-extraível à partir do outono.

Um dos objetivos do estudo foi o de definir alguns fatores e relações que pudessem afetar o teor médio do P-extraível no solo das duas áreas. Deste modo, relacionou-se este parâmetro com os teores médios anuais de outras variáveis do solo, por área e para o conjunto das duas áreas (Tabela 6).

Tabela 6 - Coeficientes de correlação linear (r) entre o teor médio anual de fósforo extraível com os teores médios anuais de outras variáveis do solo, por área e para o conjunto das duas áreas.

Parâmetro	Área 1		Área 2		Heterogeneidade do r entre Áreas	Global para as duas áreas	
	Teor	r	Teor	r		Teor	r
Argila (%)	14,35	0,094 ^{ns}	14,56	-0,355*	*	14,46	-0,139 ^{ns}
Matéria orgânica (%)	4,19	-0,060 ^{ns}	4,45	0,366*	ns	4,32	0,193 ^{ns}
pH (H ₂ O)	4,82	-0,403**	5,02	-0,060 ^{ns}	ns	4,92	-0,239*
N (%)	0,22	0,304*	0,25	0,347*	ns	0,24	0,330**
K (mg/dm ³)	135,92	0,218 ^{ns}	188,98	0,434**	ns	162,45	0,348**
Ca (cmol _c /dm ³)	5,00	0,192 ^{ns}	6,54	0,186 ^{ns}	ns	5,77	0,186 ^{ns}
Mg (cmol _c /dm ³)	1,81	0,189 ^{ns}	1,90	0,209 ^{ns}	ns	1,86	0,194 ^{ns}
S (mg/dm ³)	19,92	0,792**	17,38	0,668**	ns	18,65	0,720**
Al (cmol _c /dm ³)	0,54	0,499**	0,28	0,503**	*	0,40	0,448**
Zn (mg/dm ³)	5,63	0,183 ^{ns}	8,67	0,377**	ns	7,15	0,301**
Mn (mg/dm ³)	118,04	0,601**	102,46	0,575**	ns	110,25	0,574**
Cu (mg/dm ³)	1,95	-0,531**	0,57	-0,204 ^{ns}	ns	1,26	-0,372**
B (mg/dm ³)	0,77	0,026 ^{ns}	0,92	0,457*	*	0,85	0,288**
Na (mg/dm ³)	18,58	0,399**	20,00	-0,305*	*	19,29	0,028 ^{ns}
Fe (g/dm ³)	4,06	-0,292*	3,05	-0,042 ^{ns}	ns	3,56	-0,155 ^{ns}

ns = não significativo * = significativo a 5% ** = significativo a 1%

Somente o Ca e o Mg não apresentaram relação (r) significativa com o P-extraível do solo, por área em separado e para as duas áreas (em conjunto). Estes elementos apresentam altos teores em ambos os solos (Tabela 3). Santos (1997) também não encontrou correlações entre o Ca e o P-extraível, em nenhum dos três solos estudados. A falta de relação Ca x P deve-se provavelmente ao baixo pH dos solos, pois somente em solos neutros a alcalinos que ocorre a fixação dos fosfatos

pelo Ca, ou seja, a formação de complexos insolúveis de fosfatos com cálcio trivalente (BUCKMAN e BRADY, 1968).

A argila não apresentou relação significativa com o P-extraível na Área 1 e na análise global para as áreas. No entanto, as duas áreas, resultaram heterogêneas para esta relação (interação significativa). Assim sendo, a Área 2 apresentou uma relação negativa significativa ($P < 0,05$), como provável efeito de fixação deste mineral pela fração argilosa.

Observa-se que a matéria orgânica do solo da Área 1 e no conjunto das áreas não mostrou relações com o P, e que as Áreas 1 e 2 teriam um comportamento homogêneo (interação não significativa). A matéria orgânica da Área 2, porém, relacionou-se positivamente com o P-extraível ($P < 0,05$). É possível que no solo da Área 2, com teores significativamente maiores de P (51% a mais), 6% mais de matéria orgânica, menor acidez, e com menos Al e Fe, tenha ocorrido menor complexação e maior disponibilidade do P proveniente da matéria orgânica. Outro fator que pode ter influenciado para a relação positiva, foi a intensa parcagem que houve na Área 2 no período pré-experimental. Isto certamente afetou positivamente o teor de matéria orgânica do solo e a reciclagem do P, durante o experimento.

O pH esteve negativamente correlacionado com o P-disponível na Área 1 ($P < 0,01$) e para o conjunto das duas áreas ($P < 0,05$). Na Área 2, onde o pH era menos ácido, o efeito não foi significativo, embora o coeficiente de correlação também tenha sido negativo. Contrariamente, Santos (1997) relata uma relação positiva e estatisticamente significativa entre o pH (5,12) e o P em um Planossolo Háplico com baixo teor de P-extraível. Correlações positivas seriam as normais para solos ácidos. Com alta acidez ($\text{pH} < 5,0$), e em presença de elevadas quantidades de Al e Fe, formam-se compostos fosfatados insolúveis (BUCKMAN e BRADY, 1968; HAAG e DESCHEN, 1994). Entretanto, com a elevação do pH e neutralização do Al e Fe há mais P-extraível no solo (BEN et al.; 1998ab; SANTOS, 1997). No caso deste experimento, o problema maior poderia ter sido causado pelo alto teor de Fe presente na Área 1, pois o Al é baixo em ambas as áreas (Tabela 6).

Os teores de N no solo são relacionados positivamente com os teores de matéria orgânica conforme é aparente na Tabela 6. Este mineral esteve relacionado positivamente com o P-extraível em ambas as áreas ($P < 0,05$) e considerando as duas áreas em conjunto ($P < 0,01$). As áreas mostraram-se homogêneas quanto as

suas relações N x P, ocorrendo um aparente sinergismo. Este foi também o caso do S, mineral com correlações altamente significativas ($P < 0,01$) e altos coeficientes de correlação para as duas áreas e para o conjunto das áreas.

A relação do K com o P-extraível foi altamente significativa na Área 2 ($P < 0,01$) e para o conjunto das duas áreas ($P < 0,01$), e positiva mas não significativa para a Área 1. A correlação positiva pode ter ocorrido pelo fato da Área 2 ser 50% mais rica em P-extraível e ter apresentado 39% mais K no solo. Em contraste com a situação do P no solo, a maioria dos solos minerais, exceto os arenosos, possuem teores relativamente elevados de K total (BUCKMAN e BRADY, 1968).

O Al relacionou-se positivamente com o P-extraível nos solos das duas áreas ($P < 0,01$) e no conjunto de áreas ($P < 0,01$). Não há uma explicação plausível para: (a) as correlações positivas encontradas, mesmo que os teores de Al na camada superficial destes solos sejam muito baixos, e (b) que as duas áreas não tenham sido homogêneas para esta correlação. Santos (1997) refere que apenas no Planossolo Háptico houve correlação significativa e negativa Al x P-extraível.

Quando se considera o P na relação com o Zn, houve uma relação significativa e positiva na Área 2 ($P < 0,01$), onde há teores 54% mais altos de Zn, e para o conjunto das duas áreas ($P < 0,01$). As áreas mostraram homogeneidade quanto as suas correlações do Zn x P-extraível. Não há explicação para as correlações positivas e significativas na Área 2 e para o conjunto das duas áreas. Sabe-se que a disponibilidade de Zn é maior nos solos ácidos e que a elevação do pH para próximo ou acima da neutralidade reduz significativamente a disponibilidade de Zn (BUCKMAN e BRADY, 1968; MEURER e LUDWICK, 1970).

No caso do Mn, todas as relações com o P-extraível foram altamente significativas ($P < 0,01$) e positivas. Houve uma homogeneidade entre as Áreas 1 e 2 quanto as suas correlações com o P. Em se tratando de solos ácidos, não haveria justificativa para estas relações positivas e altamente significativas (BUCKMAN e BRADY, 1968). Santos (1997), por exemplo, não encontrou correlações Mn x P-extraível em solos ácidos da Campanha.

As relações do Cu com o P-extraível foram negativas e altamente significativas ($P < 0,01$) para a Área 1 e para o conjunto das duas áreas. Para a Área 2, com o menor teor deste elemento mineral no solo, a relação com o P não apresentou significância ($P < 0,05$), porém a tendência foi negativa, motivo pelo qual o teste de heterogeneidade entre as duas áreas não foi significativo. Esta relação

negativa é influenciada pela variação no pH e os processos químicos que ocorrem no solo. Em condições de alta acidez há mais Cu no solo; em condições de neutralidade o Cu é indisponibilizado, contrariamente ao que seria o normal para o P (BUCKMAN e BRADY, 1968).

O B correlacionou-se positivamente com o P-extraível na Área 2 ($P < 0,05$) e no conjunto das duas áreas ($P < 0,01$). Na Área 1 a correlação não foi significativa; as duas áreas apresentaram heterogeneidade nas relações B x P-extraível.

Com o Na, elemento em nível muito baixo nos solos das duas áreas, as relações foram significativas: positiva para a Área 1 ($P < 0,01$) e negativa na Área 2 ($P < 0,05$), fato que mostra a heterogeneidade apresentada entre áreas nas suas correlações entre o Na e o P-extraível.

A relação do Fe com o P-extraível foi significativa e negativa na Área 1 ($P < 0,05$), com a mesma tendência na Área 2, porém sem significância estatística. A relação negativa seria a tendência geral esperada para os solos ácidos com altos teores de Fe (BUCKMAN e BRADY, 1968). Assim sendo, no solo mais ácido da Área 1 e com maior quantidade de Fe, a correlação negativa de Fe com o P-extraível ficou evidenciada. Na região da Campanha, também observou-se correlações negativas e significativas entre o P e o Fe para dois dos três solos ácidos estudados. A razão é a formação de fosfatos insolúveis por precipitação de Fe, que indisponibilizam o P (SANTOS, 1997).

Os resultados das correlações entre o teor médio do P-disponível no solo com os teores médios anuais das outras variáveis do solo são resumidos como segue:

- As correlações foram significativas e positivas com a matéria orgânica (Área 2), N (ambas as áreas), K (ambas as áreas), S (ambas as áreas), Al (ambas as áreas), Zn (Área 2 e global), Mn (ambas as áreas), B (Área 2 e global) e Na (Área 1);
- As correlações foram significativas e negativas com a argila (Área 2), pH (Área 1 e global) e Fe (Área 1);
- Na Área 1 houve correlações do P-solúvel com sete parâmetros e na Área 2 com dez parâmetros.

Por fim, existe uma suposição por comprovar para estes solos: as relações do P com outros parâmetros do solo possivelmente se estreitam proporcionalmente

ao: (a) aumentos nos teores do P disponível (como no caso da Área 2), e (b) aumentos nos teores dos parâmetros considerados. As assertivas provavelmente não são válidas para o pH do solo.

4.3.2. Fósforo na pastagem

Os valores médios anuais do P e de outros minerais na matéria seca da pastagem natural, em cada uma das Áreas 1 e 2, foram comparados com os teores minerais médios encontrados em pastagens naturais de municípios em regiões de pecuária no Rio Grande do Sul. Realizou-se a interpretação destes teores com base nas faixas de suficiência nos tecidos foliares de uma gramínea forrageira de estação quente, *Brachiaria decumbens* (conforme SOCIEDADE..., 2004), e as necessidades destes minerais na dieta de bovinos de corte em crescimento, com pesos entre 170 a 250 kg (conforme BARCELLOS et al., 2003), que foi a faixa de peso preponderante das novilhas utilizadas neste experimento.

As faixas de suficiência para as folhas de *Brachiaria decumbens* foram utilizadas apenas como referência, e ainda porque: (a) as amostras eram formadas principalmente por tecido foliar, pois as mesmas foram coletadas simulando o pastejo de animais; (b) mais de 70% da vegetação nas duas áreas ser constituída por gramíneas de estação quente, e (c) não encontrou-se literatura concernente a teores minerais em folhas de gramíneas de ocorrência natural no Rio Grande do Sul.

A análise comparativa com os teores médios de minerais na forragem de outras regiões de pecuária do Rio Grande do Sul sugere que a forragem coletada nas Áreas 1 e 2 seria relativamente bem suprida dos elementos K, Ca, Mg, S, Zn, Cu e Fe. Notou-se uma tendência de não haver diferenças na interpretação para o P e Na, já que as pastagens do Estado também são nitidamente deficientes quanto a estes dois elementos (Tabela 7).

Tabela 7 - Teores médios anuais do fósforo e de outros minerais na pastagem natural em cada área de campo natural em comparação com os teores na forragem de outras regiões da pecuária no RS, com a faixa de suficiência no tecido foliar de uma gramínea forrageira de estação quente (*Brachiaria decumbens*) e as necessidades minerais na dieta de bovinos de corte em crescimento.

Mineral na matéria seca	Área 1	Área 2	Faixa dos teores médios de minerais nas forragens de algumas regiões de pecuária do RS ²	Faixa de Suficiência na Forrageira ¹	Necessidade para bovinos de corte em crescimento (170 - 250 kg Peso Vivo) ²	Interpretação dos teores nas Áreas 1 e 2
N (%)	1,43	1,74	1,90 ³	1,20 – 2,00	-	Médio
P (%)	0,10	0,15	0,09 – 0,13	0,10 – 0,30	0,13 – 0,35 (para bezerros de 170 kg)	Deficiente
K (%)	0,92	1,11	0,72 – 1,27	1,20 – 2,50	0,60	Médio a suficiente
Ca (%)	0,46	0,50	0,23 – 0,42	0,20- 0,60	0,36 – 0,80 (para bezerros de 170 kg)	Médio a suficiente
Mg (%)	0,22	0,23	0,15 – 0,30	0,15 – 0,40	0,10	Suficiente
S (%)	0,14	0,13	0,07 – 0,11	0,10 - 0,25	0,15	Médio
Zn (mg/kg)	33,62	37,29	8 - 20	20 - 50	30	Suficiente
Mn (mg/kg)	384,83	253,12	-	40 - 250	28	Suficiente
Cu (mg/kg)	10,87	11,20	4 - 8	4 - 12	8	Suficiente
B (mg/kg)	10,32	11,94	-	10 - 25	-	-
Na (mg/kg)	292,85	237,58	200 - 600	-	600	Deficiente
Fe (mg/kg)	713,94	893,33	111 - 800	50 - 250	50 – 100 (para bezerros de 170 kg)	Suficiente (nível máximo tolerável para bovinos é 1000 mg/kg)

¹ Fonte: SOCIEDADE... (2004)

² Fonte: BARCELLOS et al. (2003)

³ Fonte: CAVALHEIRO e TRINDADE (1992)

A interpretação dos teores de minerais na forragem das Áreas 1 e 2 indica que apenas o P e o Na seriam os elementos em deficiência. O P aparece fora da “faixa de suficiência” para forrageiras na Área 1 e marginal na Área 2, bem como abaixo das necessidades médias para as novilhas utilizadas no experimento em ambas as áreas. O Na não supriria as necessidades dietéticas destes animais, estando abaixo da recomendação (Tabela 7).

Na comparação dos valores médios anuais dos minerais no solo (Tabela 3) com os teores médios anuais dos minerais na forragem conclui-se que únicos minerais diagnosticados como em baixos níveis no solo, P e Na no caso, foram os que interpretou-se como deficientes na forragem (Tabela 5). A comparação demonstra que: (a) as concentrações de minerais na forragem tendem a refletir o “status” mineral do solo, ou seja, a sua composição em cátions trocáveis (ANDREW e ROBINS, 1969b; DUNLOP e HART, 1987; REIS et al., 2002), e (b) as plantas funcionam como “ponte de passagem”, ou vetores de ligação, dos minerais do solo com os animais.

Na maioria das pastagens naturais do RS, o Ca atende as necessidades dos bovinos. Apenas algumas categorias, em estágios específicos de produção, como gestação e lactação, apresentam situações de deficiência (BARCELLOS et al., 2003). Entretanto Alfaya et al.(1998b) indicaram que em uma (campos finos) das três áreas de campo estudadas na região da Campanha, os teores de Ca na vegetação foram insuficientes para suprir as exigências nutricionais de bovinos e ovinos em pastejo. Para que o Ca e o P sejam assimilados pelos animais é necessário que haja um nível adequado de ambos na dieta. Na Área 1 a relação Ca/P = 4,6:1 e na Área 2 a relação Ca/P = 3,3:1. Uma relação Ca/P de 4:1 a 1,5:1 é recomendada na dieta de ruminantes (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992). Portanto, as relações encontradas nas duas áreas encontram-se dentro dos limites recomendados.

Os altos níveis de Mn na forragem de ambas as áreas não chegam a atingir níveis de toxicidade, que seriam acima de 1000 mg/kg. As forrageiras devem possuir um mínimo de 100 mg/kg de Mn, pois apenas 2 a 5% do Mn consumido é absorvido por animais jovens, e 10 a 18% por adultos (MARTIN, 1993).

Quanto ao Cu, a grande maioria dos trabalhos de pesquisa no Brasil relata deficiência deste elemento, onde as forrageiras apresentam entre 6 a 16 mg/kg de Cu, havendo real deficiência abaixo dos 5 mg/kg (MARTIN, 1993). Porém, com base

nos teores ocorrentes nas duas áreas (10,9 a 11,2 mg/kg), nas faixas de suficiência para a gramínea tropical, e a necessidade das novilhas (Tabela 7), julga-se que o elemento encontra-se em nível suficiente na forragem.

O Na, deficiente tanto no solo como na forragem, é citado como elemento que as espécies nativas tem pequena capacidade de acumulação (BARCELLOS et al., 2003).

O Fe revelou-se em níveis bastante altos na forragem das Áreas 1 e 2. Nas condições brasileiras não há deficiência de Fe. As forrageiras apresentam teores acima das necessidades animais, entre 50 a 200 mg/kg. No entanto, a disponibilidade de Fe é baixa em forrageiras, variando de 10 a 40% (BARCELLOS et al., 2003; MARTIN, 1993). O nível máximo tolerável para ruminantes é de aproximadamente 1000 mg/kg, e para ovinos, a metade (CARVALHO et al., 2003; MARTIN, 1993). Níveis excessivos deste mineral nas forrageiras podem interferir negativamente na biodisponibilidade e metabolismo de P, Cu e Zn nos animais (AMMERMAN, 1965; CARVALHO et al., 2003; ROSA, 1980).

A análise da variação para P na pastagem (Tabela 8) revelou diferenças altamente significativas ($P=0,0016$) entre as Áreas 1 e 2, indicando que a concentração média anual de P na matéria seca da forragem da Área 2 (0,15%) foi superior ao da Área 1 (0,10%).

Tabela 8 - Quadro de análise da variação para o fósforo na pastagem.

Causas da variação	GL	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Área	1	0,057526	0,057526	29,80	0,0016
Época	11	0,08253646	0,00750331	46,97	<0,0001
Área * Época	11	0,01196146	0,0018741	6,81	<0,0001
Ponto (Área)	6	0,01158125	0,00193021	12,08	<0,001
Resíduo	66	0,01054375	0,00015975		
Total	95	0,017414896			

Média geral = 0,126 (%)

C.V. = 10,05%

Ocorreram também diferenças altamente significativas entre as épocas de avaliação ($P<0,0001$), para a interação áreas x épocas ($P<0,0001$) e para a variabilidade entre os pontos de coleta ($P<0,001$). Porém, ao contrário do verificado para os teores de P no solo (Tabela 4), os teores de P na pastagem mostraram um

baixo coeficiente de variação. Isto confere a estes resultados uma boa confiabilidade, e indica precisão no conjunto das técnicas experimentais utilizadas.

O maior teor médio anual de P na forragem da Área 2 ocorreu porque o P do solo foi significativamente superior ao do solo da Área 1 (Tabela 5). Estes teores médios foram maiores em todas as estações do ano, com superioridade na ordem de: 44% no inverno, 54% na primavera, 60% no verão, 50% no outono e de 50% na média anual, uma diferença altamente significativa (Tabela 9, Figura 11A). Assim sendo, na Área 2, com 51% mais P-extraível no solo na média anual (Tabela 5), a forragem refletiu a tendência e apresentou teores médios de P 50% maiores do que a da Área 1.

Tabela 9 - Teores médios de fósforo na pastagem natural (%) em cada área e estações do ano e limites inferiores e superiores.

Área	Estações do ano				Médias
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	
Área 1	0,09 (0,07-0,11)	0,13 (0,03-0,16)	0,10 (0,06-0,14)	0,08 (0,06-0,11)	0,10b
Área 2	0,13 (0,10-0,17)	0,20 (0,13-0,28)	0,16 (0,12-0,20)	0,12 (0,08-0,20)	0,15a
Médias	0,11	0,16	0,13	0,10	0,125

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste F (P=0,0016)

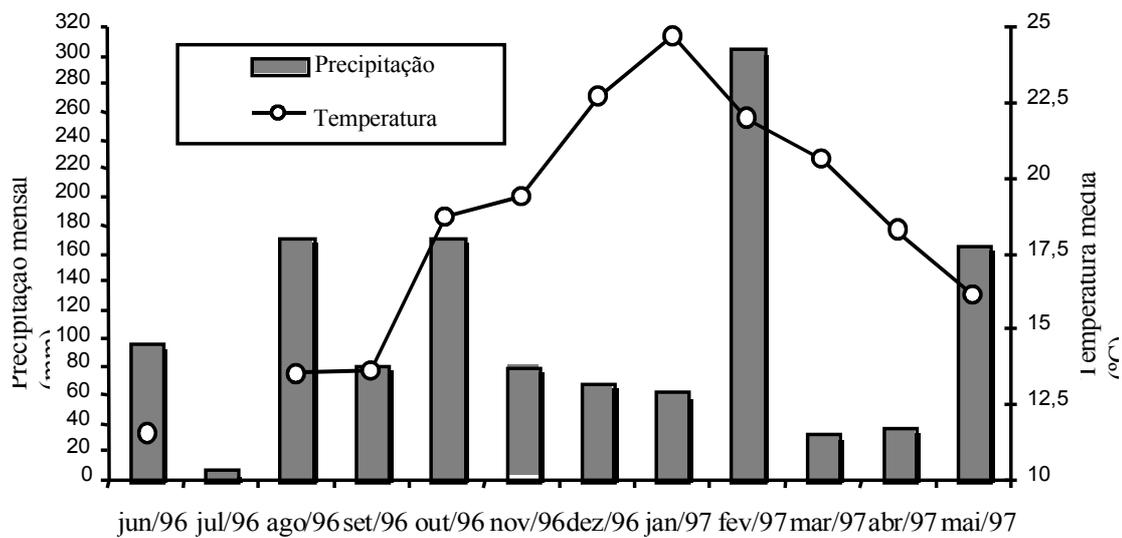
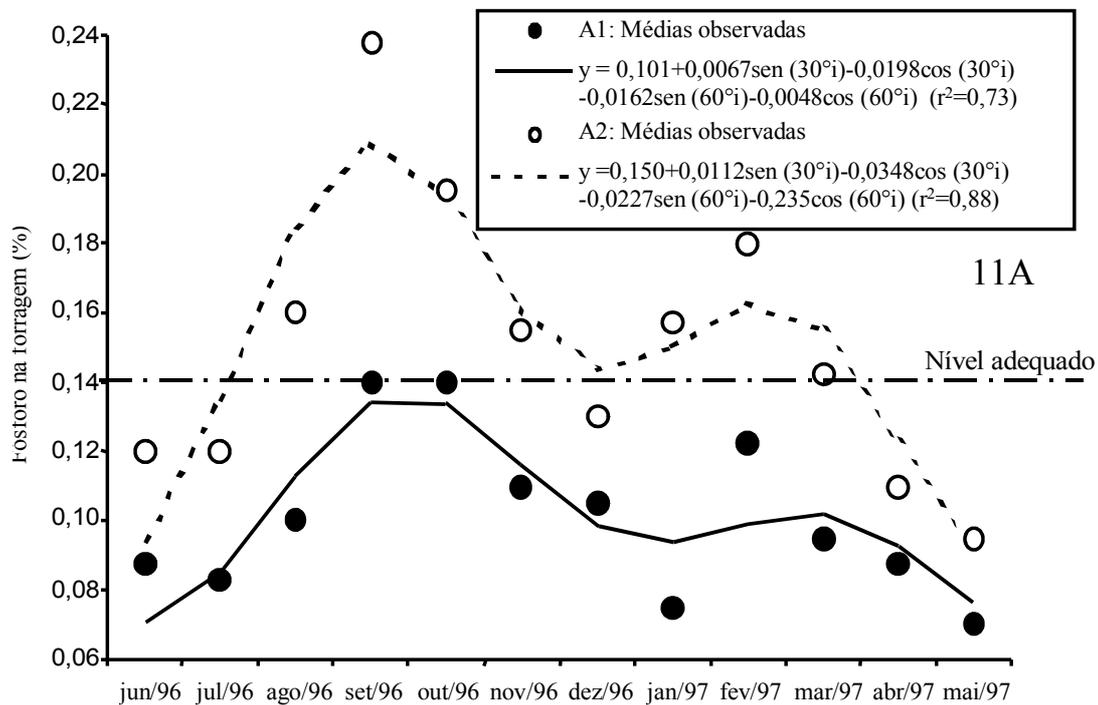


Figura 11 - Variação anual dos teores de fósforo na forragem do campo natural nas Áreas 1 e 2 (Figura 11A) e os dados climáticos durante o experimento (Figura 11B).

Outros resultados experimentais também comprovam que os maiores níveis de P no solo estão associados a aumentos significativos na concentração de P nos tecidos de plantas forrageiras (ANDREW e ROBINS, 1969a; OLIVEIRA, 1993; REIS et al.,2002).

O maior nível médio de P-extraível no solo da Área 2, foi causado: (a) pelo maior teor de matéria orgânica e pH mais alto; (b) pela parcaagem e reciclagem do P no período pré-experimental, e (c) pelos menores teores de Al, Fe e Mn (Tabela 1). Na Área 2, por exemplo a relação matéria orgânica x P-extraível no solo foi significativa ($P < 0,05$, Tabela 6).

Outras razões prováveis seriam: o efeito do sobrepastejo no período pré-experimental, que provocou uma eliminação de plantas e tecidos velhos; a maior abertura da comunidade vegetal, provocando maior rebrote; o aparecimento de mais leguminosas na Área 2 (Tabela 2); e a parcaagem, que proporcionou uma melhor reciclagem do P. Estas suposições baseiam-se nos seguintes fatos: a idade das plantas influe na composição mineral e que o P concentra-se nos tecidos jovens e meristemáticos (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; CONRAD e SOUZA, 1976; CORSI e SILVA, 1994, MARTIN, 1993); as leguminosas apresentam maior concentração de P nos tecidos, e que as espécies forrageiras apresentam diferenças quanto as suas concentrações de minerais (ANDREW e ROBINS, 1969a).

As diferenças significativas entre as épocas de avaliação ($P < 0,0001$, Tabela 6) mostram que os teores de P na vegetação também apresentaram uma dinâmica anual, assim como foi constatado para o P-extraível do solo (Figura 10A). Esta dinâmica anual do P na forragem ajustou-se a funções periódicas trigonométricas do tipo anual-semestral em ambas as áreas (Figura 11A). A interação áreas x épocas ($P < 0,0001$, Tabela 8) significa que as duas áreas apresentaram resposta desuniforme para o fator época. De qualquer modo, a tendência da dinâmica anual do P foi semelhante para as duas áreas (Tabela 9, Figura 11A).

As comparações entre estações do ano nas duas áreas indicam que os maiores teores médios de P na forragem ocorreram no período primavera-verão, e que houve um decréscimo no teor P da primavera até o outono. Assim, as menores concentrações de P na matéria seca ocorreram no período outono-inverno (Tabela 9; Figura 11A).

De modo geral, houve uma resposta inversa na variação dos teores de fósforo na vegetação e no solo, isto é, menos no solo e mais na vegetação (Figuras 10A e 11A), o que indica existirem dois “patamares” na dinâmica anual de P-extraível no solo e duas épocas bem definidas: uma de “crescimento” e outra de “reciclagem”. Ou seja, os resultados demonstram uma passagem intensa do P-disponível do solo para a pastagem no período primavera-verão-início de outono, quando normalmente ocorre maior crescimento da vegetação do campo natural.

Em três diferentes solos da região da Campanha os resultados da dinâmica do P na vegetação do campo natural foram semelhantes aos deste experimento (ALFAYA et al., 1998b; ALFAYA et al., 2002a; SANTOS, 1997).

Na bibliografia consultada para o Rio Grande do Sul não existem estudos que relatem os efeitos de áreas e de épocas ou estações do ano, sobre a composição mineral de forrageiras utilizando coletas mensais em vários pontos permanentes, e critérios científicos e comparações estatísticas, como na presente pesquisa. O único estudo possível de comparação foi conduzido na região Campanha, mas as amostragens foram realizadas a cada 45 dias (ALFAYA et al., 1998b; ALFAYA et al., 2002a; SANTOS, 1997). Os demais (AGOSTINI e KAMINSKI, 1976; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; GAVILLON e QUADROS, 1970; GAVILLON e QUADROS, 1973; MANCUSO, 1972; MANCUSO, 1974; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990; TRINDADE et al., 1987) são meros levantamentos realizados em pontos amostrais ao acaso, em acostamentos ou poteiros, no máximo uma vez em cada estação do ano. Deste modo, tais resultados carecem de base metodológica e científica, e não possuem acurácia para serem devidamente comparados e discutidos.

A influência das estações do ano sobre a concentração de P e de outros minerais nos tecidos de plantas forrageiras tem sido mencionada por vários autores (ABRAHÃO, 1985; AGOSTINI e KAMINSKY, 1976; ALBISTON, 1975; ALFAYA et al., 2000a; BRUM et al., 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; GAVILLON e QUADROS, 1970; MARTIN, 1993; SALOMONI et al., 1988; SANTOS, 1997; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990; VAN NIEKERK e SERRÃO, 1976; WINTER et al., 1990). Teores de P mais altos durante a primavera em pastagens naturais do Rio Grande do Sul estão de acordo com os relatos de Agostini e Kaminsky (1976), Barcellos et al. (2003), Cavalheiro e Trindade (1987), Cavalheiro e Trindade (1982), Cavalheiro e Trindade (1990), Gavillon e Quadros (1970) e Santos (1997).

Na região da Campanha, Santos (1997) cita o inverno como sendo a estação com os menores teores de P na forragem. Já para Cavalheiro e Trindade (CAVALHEIRO e TRINDADE, 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992) os valores mais baixos ocorreram no período inverno-primavera, nas regiões Depressão Central e Campanha.

As diferenças encontradas para o efeito de épocas estão dentro do esperado, já que na primavera iniciam-se os rebrotes e o crescimento das gramíneas de estação quente, grupo de espécies predominante nas duas áreas (Tabela 2; Figura 8). Por outro lado, no inverno, quando a disponibilidade de forragem é baixa (Figura 7), são observados os menores teores de P na forragem (Tabela 9; Figura 11A).

Assim sendo, a dinâmica das concentrações do P na forragem pode ser relacionada ao nível de P-disponível no solo, a interação de P com outros parâmetros do solo, a composição florística, ao estágio de desenvolvimento das plantas e as estações do ano. Os resultados indicaram também que as diferenças existentes na dinâmica anual dos teores de P da pastagem natural foram aparentemente influenciadas pelas variações climáticas. Em condições de baixas temperaturas ou de estiagem, ou conjugação dos dois fenômenos, houve diminuição nos teores de P (Figuras 11A e 11B). Observa-se nitidamente tais efeitos nos valores não ajustados (observados) nos meses de setembro e fevereiro, quando ocorreram picos acima da tendência normal, a exemplo do que aconteceu para o P-extraível no solo (Figuras 10B e 11B). Os picos nos valores observados no solo, nestes meses, refletiram-se nos picos dos valores observados para o P nos tecidos da forragem, especialmente na Área 2, onde os teores de P-extraível no solo e do P na forragem foram significativamente maiores do que na Área 1 (Tabelas 5 e 9). A elevação concomitante dos picos P no solo e P na forragem demonstra que houve um aumento da passagem do mineral do solo para a forragem, nos momentos que houve um aumento de P-extraível no solo resultante de chuvas abundantes e temperaturas mais favoráveis ao crescimento da pastagem. Grandes quantidades de chuva aumentaram os teores de P no mês seguinte. O pico de setembro refletiu o efeito retardado das chuvas em agosto. Em fevereiro, as chuvas concentradas no início do mês, induziram a um efeito semelhante (Figura 11).

Já na Área 1, em janeiro, notou-se uma brusca queda no teor observado do P na forragem. Esta área, sempre com muito pouco P-extraível no solo durante o

ano, acusou mais intensamente a diminuição do P na solução do solo, como efeito das baixas precipitações em dezembro e janeiro. Estes fatos causaram uma maior diminuição no crescimento da pastagem natural (Figura 8), que ressequida, foi aparentemente menos capaz de captar o P-disponível ao nível daquele que a Área 2 captou em janeiro. Com as subseqüentes altas precipitações (fevereiro) houve rebrota e renovação da parte aérea pós-estiagem e aumento nos teores de P, observáveis em ambas as áreas (Figura 11). Assim sendo, estes picos de P na vegetação acompanharam os picos de P no solo.

A este respeito observa-se que a falta de umidade é o principal fator que limita o crescimento das forrageiras, mesmo quando a fertilidade do solo e a temperatura são favoráveis (BALL et al, 1999). Reduções na absorção de nutrientes minerais por plantas forrageiras, induzida pela falta de água, tem sido reportadas na literatura (DUNLOP e HART, 1987). Segundo vários autores, a estiagem, nas distintas estações do ano, resultam em forragem com baixas concentrações de P (AAC, 1994; ALBISTON, 1975; CONRAD e SOUZA, 1976; DAYRELL et al., 1973; HENDRICKSEN et al., 1994; LOPES et al., 1973; SOUZA et al., 1979; VAN NIEKERK e SERRÃO, 1976).

A tendência de queda no teor de P na forragem verificada no período outubro-fevereiro pode ter sido influenciada pelo efeito da diluição do P nos tecidos (CORSI e SILVA, 1994), pois coincide com o período de maiores taxas de crescimento da pastagem. Um aumento significativo na concentração de minerais nas plantas só ocorre quando a absorção do mineral está acima das necessidades de crescimento (CORSI e SILVA, 1994).

No outono, a contínua diminuição na concentração do P na forragem (Figura 11A) pode ter sido induzida (a) pela constante queda do P-disponível no solo; (b) pela diminuição no crescimento e na captação do P pela vegetação e (c) pelo envelhecimento, sementação e maturação da forragem (CONRAD e SOUZA, 1976; MARTIN, 1993), predominantemente formada por gramíneas de estação quente. A medida que decresce a temperatura, diminuem o crescimento e a disponibilidade da forragem nos campos desta região (ALFAYA et al., 2003ab).

Os animais utilizados em cada área foram novilhas de cruzamento indefinido (*Bos taurus/Bos indicus*), com pesos médios, no início do experimento, de 190,92 kg na Área 1 e de 170,50 kg na Área 2. Com base nas observações de vários autores (BARCELLOS et al., 2003; CALL et al., 1968; COATES e TERNOUTH, 1992;

EVANS e DAVIS, 1966; GARTNER et al., 1980; HENDRICKSEN et al., 1994; LITTLE, 1980) elegeu-se o teor de 0,14% de P na dieta como suficiente para esta categoria de animais jovens em crescimento ganharem 0,5 kg/dia de peso vivo.

Na Tabela 9 e Figura 11A nota-se que os teores médios de P na forragem verificados na Área 1 não suprem as necessidades desta categoria animal em nenhuma das épocas do ano. Em qualquer uma das estações do ano os limites inferiores foram extremamente baixos, entre 0,03 e 0,07%, sendo que os limites superiores não passaram de 0,11 a 0,16%. Já na Área 2, a forragem para o consumo animal atingiu níveis adequados de P na primavera e no verão, quando mesmo os limites inferiores (0,12 a 0,13%) estão próximos do nível considerado suficiente. No inverno e no outono os teores médios do P na forragem da Área 2 não foram considerados suficientes para suprir as necessidades dos animais em crescimento. Deve-se notar, entretanto, que a tendência normal para esta área seria a de queda para abaixo do nível adequado já a partir do início do verão, se não fosse o valor discrepante observado em fevereiro (Figura 11A), conforme discutiu-se anteriormente. Considerando-se as quatro estações do ano, os limites superiores para a forragem do campo natural desta área, entre 0,17 a 0,28% de P, foram bastante elevados.

Tomando-se como base as tendências (Figura 11A), infere-se:

- Na Área 1 a forragem foi deficiente em P para os animais durante todo o ano;
- Na Área 2 houve deficiência de P para os animais no verão, outono e inverno.

Na Área 1, os teores médios de P no solo e forragem (0,10%) estão em acordo com os observados para a maioria das regiões de pecuária no Rio Grande do Sul. Porém na Área 2, o solo e forragem (0,15%) apresentam-se melhor supridos de P. Os levantamentos dos teores de minerais nas pastagens naturais nas regiões de pecuária de corte mostram valores anuais médios entre 0,09 e 0,14% de P na matéria seca. De uma maneira geral, os solos destas áreas são pobres em P, e geram baixas concentrações do mineral na forragem. Estes teores de P nas pastagens são considerados deficientes e insuficientes para suprir as necessidades da maioria das categorias animais, inclusive dos ruminantes menos exigentes (AGOSTINI e KAMINSKY, 1976; ALFAYA et al., 1998b; ALFAYA et al., 2000a; BARCELLOS et al., 2003; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; GAVILLON e

QUADROS, 1970; MÜHLBACK, 2003; SALOMONI et al., 1988; SANTOS, 1997; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990).

Santos (1997) também concluiu que, em três solos da região da Campanha (Bagé), os teores de P na forragem do campo natural são extremamente baixos e insuficientes para suprir as necessidades de todas as categorias animais em pastejo. Naquele estudo, em todas as estações do ano, a forragem colhida apresentou teores de P abaixo de 0,14% (Figura 2 da Revisão Bibliográfica). As médias e os limites extremos estacionais foram: 0,08% (0,07 a 0,10%) no inverno; 0,12% (0,08 a 0,15%) na primavera; 0,11% (0,10 a 0,14%) no verão, e 0,09 (0,08 a 0,11) no outono. Também em Bagé, em solo do tipo Luvisolo, constatou-se um teor médio anual de P na vegetação do campo natural de 0,09% (espécies com ocorrência mais freqüente *Paspalum notatum* e *Axonopus affinis*). Os teores mensais de P na matéria seca da forragem variaram de 0,07 a 0,11 ao longo do ano (SALOMONI et al., 1988).

Cavalheiro e Trindade (1987; 1992) e Trindade e Cavalheiro, 1990) indicam que as concentrações médias de P nas pastagens naturais do Rio Grande do Sul, em torno de 0,12 – 0,13% na matéria seca, não atendem as necessidades mínimas de manutenção de bovinos e ovinos. As amostras apresentaram uma amplitude de variação entre 0,05 a 0,24% durante o ano. Praticamente todas as unidades de solo avaliadas, em algum período de coleta, apresentaram valores extremamente baixos de P na forragem, como 0,05% do elemento. Os valores mais baixos foram encontrados no inverno-primavera.

Em Pinheiro Machado, na região agroecológica Serra do Sudeste, encontrou-se teores médios de 0,13% do P na matéria seca da pastagem natural (BARCELLOS et al., 2003; TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990). Os teores variaram com a estação do ano nas seguintes amplitudes: 0,08 a 0,18% no inverno; 0,12 a 0,18% na primavera; 0,08 a 0,16% no verão, e 0,09 a 0,17% no outono (TRINDADE e CAVALHEIRO, 1990).

Nos campos naturais do Planalto de Santa Catarina, região Campos de Lages, os teores de P encontrados na forragem coletada no final do verão e final do inverno mostraram valores na amplitude de 0,09 a 0,11% e 0,07 a 0,12% de P na matéria seca, respectivamente (ABRAHÃO, 1985).

No presente estudo, em geral, não houveram relações lineares significativas entre os teores médios anuais do P com os teores médios anuais de outros minerais na forragem (Tabela 10).

Tabela 10 - Coeficientes de correlação linear (r) entre o teor médio anual de fósforo com os teores médios anuais de outros minerais na forragem, por área e para o conjunto das duas áreas.

Mineral	Área 1		Área 2		Heterogeneidade do r entre Áreas	Global para as duas áreas	
	Teor	r	Teor	r		Teor	r
N (%)	1,43	-0,150 ^{ns}	1,74	-0,185 ^{ns}	ns	1,59	-0,173 ^{ns}
K (%)	0,92	0,256 ^{ns}	1,11	-0,121 ^{ns}	ns	1,02	0,030 ^{ns}
Ca (%)	0,46	0,221 ^{ns}	0,50	-0,103 ^{ns}	ns	0,48	0,031 ^{ns}
Mg (%)	0,22	0,216 ^{ns}	0,23	0,009 ^{ns}	ns	0,23	0,096 ^{ns}
S (%)	0,14	0,174 ^{ns}	0,13	0,101 ^{ns}	ns	0,13	-0,100 ^{ns}
Zn (mg/kg)	33,62	0,050 ^{ns}	37,29	0,394*	ns	35,46	0,247*
Mn (mg/kg)	384,83	0,040 ^{ns}	253,12	0,400**	ns	318,98	0,251*
Cu (mg/kg)	10,87	0,427**	11,20	-0,179 ^{ns}	*	11,04	0,068 ^{ns}
B (mg/kg)	10,32	0,030 ^{ns}	11,94	0,211 ^{ns}	ns	11,13	0,152 ^{ns}
Na (mg/kg)	292,85	-0,119 ^{ns}	237,58	-0,173 ^{ns}	ns	265,22	-0,143 ^{ns}
Fe (mg/kg)	713,94	0,278 ^{ns}	893,33	0,020 ^{ns}	ns	803,64	0,080 ^{ns}

ns = não significativo * = significativo a 5% ** = significativo a 1%

Exceções aconteceram nas seguintes situações:

- (1) Zn x P. As forragens das Áreas 1 e 2 mostram homogeneidade para esta correlação, que foi significativa apenas na Área 2 e para o conjunto das duas áreas ($P < 0,05$). As forragens de ambas as áreas são bem supridas do mineral Zn (Tabela 7). Uma correlação significativa e positiva Zn x P também ocorreu no solo da Área 2 (Tabela 6).
- (2) Mn x P. As forragens das Áreas 1 e 2 também mostram resposta homogênea para esta correlação, que resultou significativamente somente na Área 2 e conjunto das duas áreas ($P < 0,01$). As forragens de ambas as áreas aparecem com níveis altos de Mn (Tabela 7).
- (3) Cu x P. A correlação foi significativa e positiva apenas na Área 1 ($P < 0,01$). A interação entre áreas foi significativa e positiva, revelando resposta heterogênea entre áreas. O mineral Zn apresenta-se com teores

médios anuais semelhantes nas forragens das duas áreas, e não há deficiência do mineral (Tabela 7).

Não há explicação consistente para tais correlações significativas.

Assim sendo, do item 4.3.2. Fósforo na planta, infere-se:

- (1) As concentrações de minerais nas plantas e as suas relações proporcionais, dependem das concentrações dos mesmos no solo, das espécies forrageiras, do estágio de desenvolvimento das mesmas e de fatores ambientais, conforme menciona-se também em diversas publicações (AAC, 1994; ALFAYA et al., 2000a; ANDREW e ROBINS, 1967b; BALL et al., 1991; BAVERA e BOCCO, 1987; CAVALHEIRO e TRINDADE, 1992; CONRAD e SOUZA, 1976; DUNLOP e HART, 1987; HENDRICKSEN et al., 1994; LOPES et al., 1973; MARTIN, 1993; SANTOS, 1997; SOUSA et al., 1979);
- (2) Que os teores médios de P na forragem de Área 1 não supriram as necessidades dos animais jovens em crescimento para este mineral em nenhum período do ano, e que os da forragem da Área 2 atingiram níveis adequados apenas na primavera;
- (3) Correlações lineares significativas e positivas, entre os teores médios anuais do P com os teores médios anuais de outros minerais na forragem, ocorreram somente com o Zn (área 2 e global), Mn (Área 2 e global) e Cu (Área 1),
- (4) (a) a pastagem funciona como um “ponte de passagem” dos minerais do solo para os animais, e (b) o “status” mineral da pastagem reflete a concentração dos minerais trocáveis na solução do solo.
- (5) Tomando por base os resultados do P na forragem, e comparando-os com os relatados por Santos (1997), os fatos permitem a seguinte afirmação: os resultados refletem uma dinâmica anual para os teores de P na forragem do campo natural, que pode ser generalizada mesmo para outros solos virgens da Metade Sul do Rio Grande do Sul, onde normalmente há similaridades no tipo de vegetação do estrato inferior, e no regime e distribuição das chuvas e temperaturas ao longo do ano. Os desvios que ocorrem em relação as pluviosidades normais mensais, provavelmente, não afetarão as tendências observadas (Tabela 9; Figura 11).

4.3.3. Fósforo no soro de sangue

A análise da variação para os teores médios do P no soro sangüíneo dos animais (Tabela 11) mostrou que não houve diferença significativa entre as Áreas 1 (7,493 mg/100 ml) e Área 2 (7,546 mg/100 ml). Observou-se que, embora os teores médios anuais do P na forragem tenham sido significativamente maiores na Área 2 (Tabela 9), os teores médios de P no soro sangüíneo dos animais não variaram entre áreas. Por outro lado, semelhantemente aos resultados de P no solo e na forragem, ocorreu uma variação altamente significativa entre as épocas de avaliação ($P < 0,0001$). Houve uma forte interação áreas x épocas ($P < 0,0001$), assim como o observado para o P na forragem. Também foi constatada uma alta variabilidade entre os teores de P no soro de sangue dos animais nas duas áreas ($P < 0,0001$). Embora este fosse um resultado esperado, pois diferentes indivíduos aproveitam os nutrientes de modo distinto (ENSMINGER et al., 1990), o coeficiente de variação (C.V. = 13,07%) foi relativamente baixo.

Tabela 11 - Quadro de análise da variação para o fósforo no soro sangüíneo dos animais.

Causas da variação	GL	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Área	1	20,055556	20,055556	0,07	0,7882
Época	11	49639,6111	4512,69192	46,72	<0,0001
Área * Época	11	5246,27778	476,93434	4,94	<0,0001
Animal (Área)	22	5968,55556	271,29798	2,81	<0,0001
Resíduo	242	23372,61111	96,58104		
Total	287	84247,11111			

Média geral = 7,520 (mg/100 ml)

C.V. = 13,07%

As diferenças significativas entre as épocas indicam que os teores de P no soro sangüíneo acompanharam a dinâmica anual do P-extraível no solo (Figura 10A) e dos teores de P na forragem (Figura 11A). O P no soro sangüíneo ajustou-se a funções periódicas trigonométricas com ondas anuais-semestrais (Figura 12A). A interação entre áreas x épocas ($P < 0,0001$) significa que o P no soro sangüíneo dos animais nas duas áreas não foram uniformes ao longo do ano. As diferenças ocorreram no inverno, quando os animais na Área 1 mantiveram nitidamente maiores níveis de P no soro de sangue. Nas demais estações do ano a tendência dos teores de P no soro sangüíneo foi semelhante para as duas áreas. Ou seja, as

médias estacionais e a inflexão das curvas ajustadas mostraram a mesma tendência (Tabela 12; Figura 12A).

Tabela 12 - Teores médios de fósforo no soro sangüíneo (mg/100ml) em cada área e estações do ano e limites inferiores e superiores.

Área	Estações do ano				Médias
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	
Área1	8,931 (5,60-11,20)	8,569 (4,10-11,10)	6,564 (3,90-10,70)	5,908 (4,70-7,80)	7,493a
Área 2	7,856 (5,80-10,50)	8,989 (7,10-12,50)	7,106 (3,40-10,30)	6,233 (4,50-8,30)	7,546a
Médias	8,394	8,779	6,835	6,070	7,520

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$)

Comparando-se as estações do ano nas duas áreas nota-se que os níveis de P no soro sangüíneo dos animais são maiores no período inverno-primavera e menores no período verão-outono (Tabela 12; Figura 12A), apresentando dois patamares bem definidos durante o ano, assim como observou-se para o P no solo (Figura 10A) e o P na forragem (Figura 11A). Na comparação com o P do solo, a tendência foi inversamente proporcional, ou seja, menos P-disponível no solo, mais P no soro sangüíneo, e vice-versa. Na confrontação com os teores de P na forragem, os teores de P no soro sangüíneo tenderam a acompanhar a dinâmica dos teores de P na forragem, nos períodos de primavera-verão-outono, isto é, mais P na forragem, mais P no soro sangüíneo. Notou-se a mesma tendência de queda da primavera até o outono. Porém, diferenças aconteceram a partir da proximidade do inverno, em maio, e durante o inverno. Na estação fria, especialmente na Área 1, os níveis de P no soro sangüíneo atingiram os patamares mais elevados do ano. Contrariamente, foi no inverno que ocorreram os menores teores de P na forragem das duas áreas (Figuras 11A e 12A).

Na região da Campanha, Santos (1997) determinou que os menores teores médios de P no soro sangüíneo de animais mantidos em campo natural ocorreram durante o inverno, e os maiores na primavera e no verão. Estes teores apresentaram tendência de queda da primavera até o final do inverno (Figura 3 da Revisão Bibliográfica). Em relação ao presente estudo, as diferenças na inflexão das curvas ajustadas do P sérico foram possivelmente influenciadas pelas diferentes condições climáticas ocorrentes durante a condução dos dois estudos.

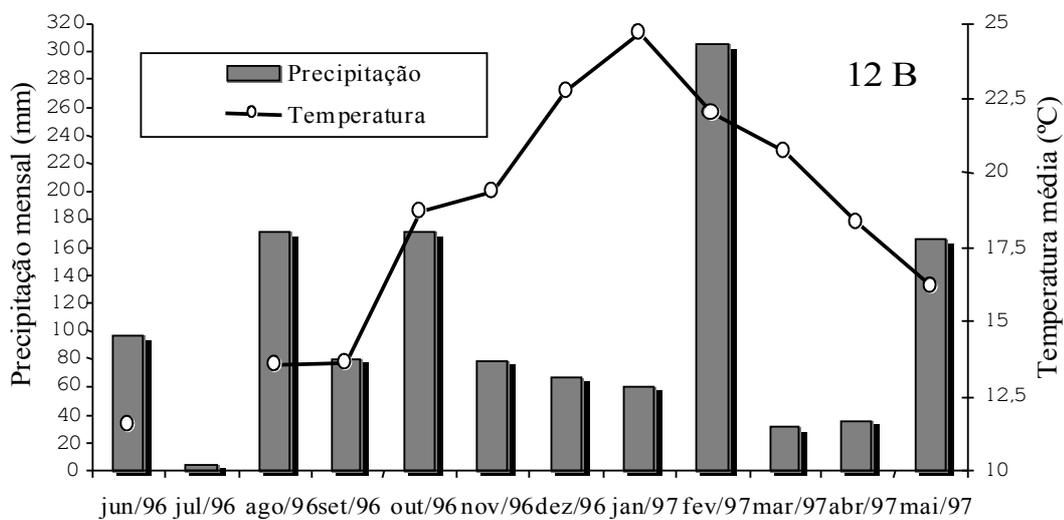
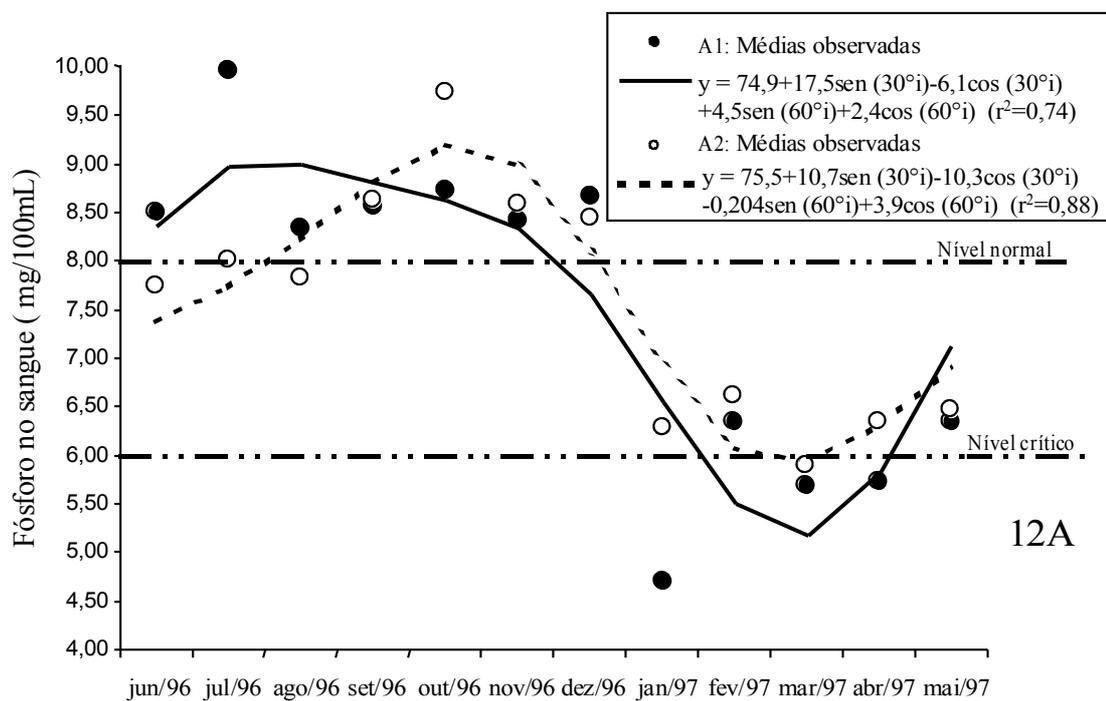


Figura 12 - Variação anual dos teores de fósforo no sangue dos animais nas Áreas 1 e 2 (Figura 12A) e os dados climáticos durante o experimento (Figura 12B).

Cabe aqui comentar a interação significativa áreas x épocas ($P < 0,0001$, Tabela 11). As diferenças nos teores de P no soro sanguíneo entre as duas áreas durante o inverno foram bem evidenciadas, pois o P sérico na Área 1 manteve-se mais nivelado (na curva ajustada), e em patamar superior ao da Área 2. A seguir, a partir da primavera, no verão e no outono as duas curvas dinâmicas mostraram inflexões semelhantes (Figura 12A). No inverno, os menores teores de P no soro sanguíneo dos animais na Área 2 provavelmente foram consequência do efeito retardado do superpastejo realizado no período pré-experimental, sobre a vegetação campestre.

O superpastejo diminuiu a forragem inicialmente disponível na Área 2, causou grande abertura na comunidade e aumentou áreas de solo desnudo. Provavelmente houve grande diminuição no IAF e na taxa de crescimento e produtividade de pastagem natural no inverno, período adverso à produção destes campos. Deste modo, os animais tiveram menos alimento disponível, muito embora com mais P nos tecidos vegetais (Figura 7; Figura 11A). Não conseguiram compensar a perda da capacidade ambiental de suprimento de P, mesmo se utilizassem subterfúgios como a seletividade, lei da compensação e “apetite depravado”.

Na primavera a situação foi regularizada em função da renovação da vegetação, com a vinda de condições ambientais favoráveis, como chuvas e aumento de temperaturas (Figuras 12A e 12B). A tendência de haver maior P no soro sanguíneo dos animais da Área 2, a partir da primavera (Figura 12A), acompanhou o fato de haver significativamente mais P no solo (Figura 10A) e na forragem (Figura 11A) desta área.

A queda no P sérico, observada na primavera-verão em ambas as áreas ocorreu devido ao clima mais seco (Figura 12B) e a diminuição nos teores de P na pastagem (Figura 11A). Já o aumento do P sérico no outono poderia ser creditado a:

- (1) Uma resposta às chuvas de maio, pois neste período pós-seca de março-abril, houve rebrotes ricos em P, e seletivamente procurados pelos animais (Figuras 12A e 12B);
- (2) A manifestação inicial das subas do P no soro sanguíneo, com a aproximação do inverno (Figura 12A).

Em princípio, não haveria uma justificativa plausível para os altos níveis de P no soro sanguíneo no inverno, quando há menos disponibilidade de alimento e os níveis de P na forragem estão abaixo de 0,14% (nível adequado), especialmente na Área 1 (média invernal de 0,09% de P na forragem), e também na Área 2 durante junho e julho (Tabela 9; Figura 11A). Assim sendo, procurou-se argumentos hipotéticos na literatura, e nas observações realizadas nas áreas experimentais, tais como:

(1) Pouca demanda por P pelos animais

No verão, a forragem apresentou teor de P muito baixo. No período mais quente do ano, os animais apresentaram baixos níveis de P no soro de sangue em função da intensa utilização do mineral, para suprimento das necessidades nutricionais, como desenvolvimento corporal em função de uma maior utilização no metabolismo intermediário. Período no qual a pastagem também cresce, sendo capaz de melhor suprir energia, proteína e outros nutrientes aos animais. Contrariamente, no inverno não houve esta condição: a pastagem não tinha disponibilidade e qualidade suficientes para as demandas nutricionais dos animais. Conseqüentemente, houve perda de peso, baixa demanda e acúmulo de P (SOUSA et al., 1979).

Quanto maior a necessidade e maior a deficiência de P na dieta, maior é a capacidade de absorver o P pelo organismo (lei da compensação): maximizar a absorção e minimizar a perda (CARVALHO et al., 2003; DAYRELL, 1986).

A absorção e reciclagem do P são maiores em animais que estão em fase de maior exigência (CARVALHO et al., 2003), que no caso dos animais experimentais, é a decrescimento.

(2) Busca por outras fontes de P para suprir as deficiências da dieta. Animais com fome ou carências crônicas suprem suas necessidades por volume ou minerais ingerindo folhas de arbustos e árvores. Nas condições da região Serra do Sudeste notou-se que muitas espécies arbustivas tiveram suas folhas consumidas durante os períodos de pouca disponibilidade de forragem. Até os espinhentos caragatás, muito presentes, mostraram ápices despontados. O extrato superior da vegetação das áreas experimentais é constituído por espécies arbustivas, que ocupam aproximadamente 40% da área coberta. Também foi observado o consumo de plantas de extrato inferior, formado por 20% de espécies de folhas largas (Tabela 2). Tais espécies, consideradas não

fORAGEIRAS, poderiam suprir minerais aos animais em períodos de carência. Os animais com carências minerais tem capacidade de perceber quais plantas são mais ricas nos elementos em deficiência (PROVENZA, 1996).

O solo ingerido por animais tem sido sugerido como uma possível fonte de minerais (SANTOS, 1997). Porém, ovinos alimentados com dietas contendo diferentes solos não foram afetados quanto aos seus conteúdos de P, Ca e Mg no soro de sangue e hemoglobina (ROSA, 1980). A ingestão de solo provavelmente não tenha contribuído para o aumento dos teores de P no soro de sangue durante o inverno.

(3) Pastejo seletivo

No inverno, a vegetação dominante no extrato inferior das áreas experimentais foi formada por gramíneas de estação quente, na ordem de 70% da composição florística (Tabela 2). Esta vegetação apresentava-se com crescimento reduzido e pouca disponibilidade (Figuras 7 e 8) e crestada por geadas, e conseqüentemente, com baixos níveis de P na forragem, conforme dados mostrados (Tabela 9; Figura 11A). No entanto, um pastejo seletivo de espécies de estação fria, que embora com baixa contribuição (Tabela 2), pode ter colaborado para uma elevação dos níveis séricos do P. Tais espécies de estação fria, com mais qualidade e maior quantidade de tecidos, novos, acumulam maiores percentagens do mineral (CARVALHO e TRINDADE, 1992; CONRAD e SOUZA, 1976; CORSI e SILVA, 1994; MARTIN, 1993).

Os teores de P observados no soro sangüíneo apresentaram-se discrepantes e acima da tendência nos meses de julho (Área 1) e outubro (Área 2). Em janeiro detectou-se um ponto bastante baixo na Área 1 (Figura 12A).

O alto valor observado na Área 1 em julho deve ser considerado como meramente casual. Aparentemente não há relação com eventos climáticos (Figura 12B) ou eventuais alterações no P no solo (Figura 10A) ou nas plantas (Figura 11A). Descarta-se a hipótese de aumento de ingestão de P a partir do consumo de outras fontes alimentares para suprir carências, ou “apetite depravado”, já que os animais, estariam com níveis séricos de P dentro dos limites de normalidade, entre 8 a 11 mg/100 ml (Schmidl e Forstner, 1985). O pico de outubro na Área 2 poderia estar relacionado com o pico do P no solo e forragem acontecido em setembro (Figuras 10A e 11A), como reflexo do aumento dos teores de P no solo e na forragem.

Já na Área 1, a queda em janeiro dos teores observados no P no soro de sangue (Figura 12A) esteve vinculada com a queda no valor observado, no mesmo mês, nos teores de P na forragem (Figura 11A). Que, por sua vez, acompanhou, por efeito retardado, a queda no P do solo notada em dezembro (Figura 10A).

Notou-se a tendência de que picos, ou pontos discrepantes do P no soro de sangue, que acompanharam proporcionalmente aqueles verificados no P da forragem e no P-extraível no solo.

A literatura (CONRAD e SOUZA, 1976; DAYRELL et al., 1972; SCHIMIDL e FORSTNER, 1985) indica que os animais jovens aproveitam melhor o P na dieta, e que os níveis séricos de P inorgânico são mais elevados do que em animais mais velhos. Para este estudo, com base em Schmidl & Forstner (1985), em função da categoria animal, elegeu-se como níveis normais para bovinos jovens teores entre 8,0 a 11,0 mg/100 ml de P inorgânico no soro de sangue.

Na Tabela 12 e Figura 12A nota-se que os teores médios de P no soro de sangue na Área 1 estiveram abaixo do nível mínimo de normalidade (8,0 mg/100ml) no verão e no outono. Na Área 2, os teores médios estiveram abaixo deste nível no inverno, verão e outono. Pela tendência observada, é de supor-se que nesta Área 2 os níveis de P sérico poderiam estar acima do nível mínimo normal durante o inverno se não tivesse ocorrido o superpastejo no período pré-experimental, conforme discutiu-se anteriormente. Observa-se ainda na Área 1 (com P significativamente inferior no solo e forragem) que, no outono, os níveis séricos do P foram inferiores ao nível crítico para novilhas (6,0 mg/100 ml; Figura 12A e Tabela 12), quando manifestam-se sinais clínicos da deficiência. Em todas as estações do ano ocorreram pontos extremos inferiores e superiores aos níveis normal e crítico (Tabela 10) espelhando variações estacionais e individuais entre animais.

No Rio Grande do Sul existem poucos estudos conduzidos cientificamente, envolvendo a dinâmica e as deficiências de minerais na sua passagem na cadeia solo-pastagem-animal ao longo do ano. Especificamente com relação ao fósforo, destaca-se a pesquisa conduzida por Alfaya & colaboradores na região da Campanha (ALFAYA et al., 2000a, SANTOS, 1997). Os teores médios de fósforo no soro de sangue de novilhas, na média anual da amostragens, foram 3,834; 4,446 e 3,914 mg/100ml, respectivamente, para os solos Neosolo Litólico, Luvisolo Hipocrômico e Planossolo Háplico (SANTOS, 1997). Estes níveis são baixos, e inferiores aos teores de fósforo inorgânico considerados normais até para vacas

adultas, apontadas como sendo entre 4,5-6,5 mg/100 ml de soro de sangue (DAYRELL e DERESZ, 1984).

Os resultados do presente estudo estão de acordo com aqueles obtidos por Santos(1997), Souza et al. (1979), Hendricksen et al. (1994), Lopes et al. (1980) e Brum et al. (1987): baixos níveis de P-disponível nos solos produzem pastagens com teores insuficientes de P, que conseqüentemente, causam deficiências nos animais em pastejo.

Em outras regiões também ocorrem oscilações nos níveis de P inorgânico no soro sangüíneo dos animais em pastejo durante o ano, havendo dependência dos níveis do mineral no solo e pastagens (ABRAHÃO, 1985; ALFAYA et al., 2000a; BRUM et al., 1987; COATES e TERNOUTH, 1992; DAYRELL et al., 1972; DAYRELL e DERESZ, 1984; HENDRICKSEN et al., 1994; LOPES et al., 1973; LOPES et al., 1980; SANTOS, 1977; SOUSA et al., 1979).

As correlações lineares entre o teor médio anual do P com os teores médios de outros minerais no soro sangüíneo das novilhas são indicadas na Tabela 13.

Tabela 13 - Coeficientes de correlação linear (r) entre o teor médio anual de fósforo com os teores médios anuais de outros minerais no soro sangüíneo dos animais, por área e para o conjunto das duas áreas.

Mineral (mg/100ml)	Área 1		Área 2		Interação mineral * Área	Global para as duas áreas	
	Teor	r	Teor	r		Teor	r
K	20,55	0,125 ^{ns}	20,25	0,294**	*	20,40	0,198**
Ca	14,40	0,150 ^{ns}	14,23	0,461**	**	14,32	0,322**
Mg	3,05	0,075 ^{ns}	3,06	0,453**	**	3,05	0,298**
Zn	0,08	0,014 ^{ns}	0,08	0,005 ^{ns}	ns	0,08	0,009 ^{ns}
Cu	0,05	-0,178*	0,04	-0,245**	ns	0,05	-0,210**
Na	292,33	0,307**	290,77	0,432**	*	291,55	0,368**
Fe	0,19	0,124 ^{ns}	0,17	0,233**	ns	0,18	0,177**

ns = não significativo * = significativo a 5% ** = significativo a 1%

As correlações do K e do Ca com o P no soro de sangue foram altamente significativas e positivas na Área 2 e para o efeito global das duas áreas, em função da influência da correlação altamente significativa na Área 2. A existência ou não de correlações K x P e Ca x P nas duas áreas pode ser casual, pois não houve diferença significativa entre os teores de P no soro de sangue entre as duas áreas (Tabelas 11 e 12) e também não houve diferenças entre os teores médios de K e de Ca no soro de sangue, e nem deficiência destes minerais. Ao contrário, uma menor

absorção de P pelos animais pode ocorrer quando existe uma deficiência de Ca e K na forragem (CARVALHO et al., 2003). Justificativa semelhante é aplicável para a relação altamente significativa e positiva do P com o Mg também observada na Área 2 e no conjunto das duas áreas ($P < 0,01$). Essa relação positiva era um efeito esperado, pois o Mg atua como “carregador” do P na absorção pelo animal.

O P não correlacionou-se com o Zn no soro sanguíneo, muito embora este mineral possa atuar como antagônico, quando em grandes quantidades na forragem (CARVALHO et al., 2003).

As relações Cu e P no soro sanguíneo foram significativas e negativas nas Áreas 1 ($P < 0,05$), 2 ($P < 0,01$) e para o conjunto das duas áreas ($P < 0,01$). A forragem de ambas as áreas apresentou teores de Cu acima das necessidades dos animais (Tabela 7). A manifestação de um possível efeito antagônico no elo pastagem-animal não pode ser descartado pois, segundo Rosa (1980), dietas com altas concentrações de Cu diminuíram as concentrações de P no baço de ovinos.

As relações do P com Na foram positivas e altamente significativas ($P < 0,01$) no soro de sangue das novilhas, em ambas as áreas e no conjunto das áreas. Estes resultados sugerem um melhor aproveitamento de elementos que, via de regra, encontram-se em pequenas quantidades na forragem.

O Fe apresentou uma relação altamente significativa e positiva com o P na Área 2 e para o conjunto das áreas ($P < 0,01$). Um efeito não esperado, pois o P no soro sanguíneo deveria ser influenciado negativamente na presença de altas concentrações de Fe na dieta (ROSA, 1980), e portanto no sangue, como no presente caso (Tabelas 7 e 13).

Do item 4.3.3. Fósforo no soro de sangue, conclui-se:

- - A dinâmica do P no soro de sangue dos animais mostrou-se dependente do ecossistema e condições climáticas durante as estações do ano.
- - Solos pobres em P produziram pastagens com baixos teores médios anuais de P, que por sua vez, induziram deficiência nos animais em regime de pastejo.
- - Os teores médios de P no soro de sangue na Área 1 estiveram abaixo do nível mínimo de normalidade (8,0 mg/100ml) no verão e no outono. Na Área 2, os teores médios estiveram abaixo deste nível no inverno, verão e outono.

- - As relações entre o teor médio anual do P com os teores médios anuais de outros minerais no soro de sangue indicaram que:
 - (1) As relações foram significativas e positivas com o K (Área 2 e global), Ca (Área 2 e global), Mg (Área 2 e global), Na (ambas as áreas) e Fe (Área 2 e global);
 - (2) A relação foi significativa e negativa com o Cu (ambas as áreas);
 - (3) Na Área 1 houve relações do P no soro de sangue com dois parâmetros e na Área 2 com seis parâmetros.

4.3.4. Correlações do fósforo na cadeia solo-pastagem-animal

As inter-relações minerais no solo, na pastagem e nos animais são complexas e pouco conhecidas no Rio Grande do Sul. Os únicos resultados conhecidos foram obtidos na região da Campanha (ALFAYA et al., 2000a; SANTOS, 1997). Assim, na presente investigação, procurou-se identificar fatores influentes na passagem do P pela cadeia solo-pastagem-animal. Aprofundou-se os estudos de dependência deste elemento correlacionando-o com parâmetros de solo (argila, matéria orgânica, pH) e outros minerais, através regressões lineares.

A homogeneidade das correlações entre as Áreas 1 e 2 foi verificada por testes de homogeneidade de regressão linear entre o P e as demais variáveis. Estes testes também foram utilizados anteriormente, no estudo das correlações do P com outros parâmetros no solo, nas pastagens e no soro de sangue. Eles indicam se as correlações entre P com outras variáveis são de efeito global para as duas áreas (Área 1 e Área 2) ou se acontecem individualmente. Se a interação P x Área não foi significativa, considerou-se como válida a correlação conjunta das duas áreas (global para as duas áreas).

4.3.4.1. Fósforo na cadeia solo-pastagem-animal

A análise da variação da homogeneidade de regressão linear entre o P no solo e o P na pastagem indica que a interação P no solo x Área não foi significativa ($P > 0,05$; Apêndice 5A). Isto indica que houve uma relação homogênea entre áreas na passagem do P do solo para a pastagem. Na Tabela 14 verifica-se que a correlação entre o P no solo e o P na pastagem foi significativa e positiva para o conjunto das duas áreas ($P < 0,05$) e significativa fraca e positiva na Área 2 ($P = 0,06$).

Estas relações significativas e positivas mostram que solos com maiores níveis de P-extraível apresentam maior passagem do P para as plantas, aumentando a concentração do mineral na forragem (variável dependente).

Confirmam-se, assim, resultados anteriormente relatados. A Área 2, com teores significativamente maiores de P-extraível no solo (Tabela 5; Figura 10A) também apresentou significativamente maiores teores médios de P na forragem do que a Área 1 (Tabela 9; Figura 11A). Aparentemente na Área 1, com menores teores de P no solo, a relação P no solo: P na planta não foi clara e foi mais variável.

Tabela 14 - Correlação linear simples (r) entre o fósforo no solo, na pastagem e no animal, eliminando efeitos de área e ignorando efeitos de épocas.

	Solo – pastagem	Pastagem - animal	Solo – animal
Área 1	0,144	0,385	-0,534
Prob.> r	0,328 ^{ns}	0,217 ^{ns}	0,074 ⁺
Área 2	0,273	0,462	-0,292
Prob.> r	0,060 ⁺	0,130 ^{ns}	0,358 ^{ns}
Heterogeneidade do r entre áreas	0,423 ^{ns}	0,531 ^{ns}	0,174 ^{ns}
Global para as duas áreas	0,232	0,393	-0,370
Prob.> r	0,023 [*]	0,058 ⁺	0,075 ⁺

ns = não significativo + = significativo a 10% * = significativo a 5%

No estudo de Santos (1977), na média geral anual, a correlação para os níveis de P no solo e P na forragem foi significativa fraca (P=0,07) e tendeu a ser negativa; ou seja, mais P no solo e menos nas plantas (r = -0,184).). O autor mostra que esta correlação foi significativa (P<0,05) e positiva apenas no solo Neosolo Litólico, o mais provido em P, no outono e inverno, quando os níveis de P-extraível no solo estavam mais elevados.

O teste de homogeneidade da regressão linear entre o P na pastagem e o P no animal também indicou homogeneidade das correlações nas Áreas 1 e 2 (P>0,05; Apêndice 6A). Não houve correlação P na pastagem x P no animal em nenhuma das áreas quando consideradas individualmente. No entanto, os coeficientes para as Áreas 1 (r = 0,39) e Área 2 (r = 0,46) foram positivos.

Na relação das áreas em conjunto, o efeito acumulado das áreas revelou uma relação significativa fraca ($P=0,058$; Tabela 14). Esta correlação pode ser considerada como biologicamente válida em estudos desta natureza, e justificada pela semelhança nas inflexões anuais das curvas ajustadas para a dinâmica do P na forragem (Figura 11A) e no soro de sangue (Figura 12A).

No estudo realizado nos solos da região da Campanha (SANTOS, 1997) houve uma correlação significativa fraca entre P na forragem x P no animal ($P=0,099$), para as áreas e estações do ano tomados conjuntamente. Nas avaliações estacionais conjuntas, uma correlação significativa fraca e positiva só foi verificada no inverno ($P=0,09$), e separadamente, para o solo Neosolo Litólico durante a primavera ($P<0,05$).

O teste de homogeneidade da regressão linear entre o P no solo e o P no animal indicou que as duas áreas foram homogêneas para esta correlação ($P>0,05$; Apêndice 7A). Na Área 1 a correlação P no solo x P no animal foi significativa fraca ($P=0,074$) e negativa ($r= -0,534$); na Área 2 a correlação não foi significativa ($P>0,10$), porém também houve uma tendência negativa. Entretanto, o efeito acumulado das duas áreas (relação global) revelou uma relação significativa fraca ($P=0,075$) e negativa (Tabela 14). Esta correlação negativa pode ser uma consequência dos patamares bem definidos para as dinâmicas anuais do P no solo e no soro de sangue (Figuras 10A e 12A). A tendência destes patamares foi inversamente proporcional, isto é, menos P-extraível no solo, mais P no soro sanguíneo.

Na região Campanha, não foram encontradas relações significativas entre o P no solo x P no animal em nenhuma das três áreas em comparação, bem como não houve relações para o conjunto das áreas, ou nas diferentes estações do ano (SANTOS, 1997).

Comparando-se as relações dos teores médios do P na passagem solo-pastagem-animal obtidas no presente estudo na Serra do Sudeste, com às da região da Campanha (SANTOS, 1977), verifica-se:

(1) Serra do Sudeste

As relações entre os teores médios anuais do P foram significativas e positivas na passagem P no solo x P na pastagem, e P na pastagem x P no animal, e significativas e negativas na passagem P no solo x P no soro sanguíneo;

(2) Campanha

Relações significativas fracas entre os teores médios anuais do P na sua passagem pelos segmentos da cadeia solo-pastagem (negativa) e pastagem-animal (positiva).

Em seis propriedades rurais no norte do Mato Grosso as relações significativas e positivas encontradas para o P no solo x P na pastagem estão em acordo com os resultados ora obtidos na Serra do Sudeste. No entanto, houve uma relação significativa e positiva para o P no solo x P nos ossos (costelas) e relação não significativa entre o P nas forrageiras x P nos ossos, mas apresentando tendência a ser negativa (SOUSA et al., 1979). Estes resultados são diferentes dos obtidos no presente estudo.

Os resultados divergentes entre pesquisas podem ser creditados à diferenças nos tipos de solo, condições ambientais durante a condução dos experimentos, animais experimentais, parâmetros de comparação (soro de sangue ou tecido ósseo) etc., bem como na maior acurácia experimental utilizada neste estudo na Serra do Sudeste.

4.3.4.2. Relação do fósforo com outras variáveis na cadeia solo-pastagem-animal

É necessário aprofundar o conhecimento das dependências do P na sua passagem na cadeia solo-pastagem-animal e considerar a sua correlação com outros parâmetros.

Na Tabela 15 mostra-se a influência de parâmetros do solo sobre os teores de P na forragem.

Tabela 15 - Correlações lineares simples (r) entre os teores médios anuais de fósforo na pastagem com os teores médios anuais de alguns elementos do solo que influenciam a absorção do fósforo pela pastagem.

Parâmetro do solo	Área 1		Área 2		Heterogeneidade do r entre áreas	Global para as duas áreas r
	Teor no solo	r	Teor no solo	r		
Matéria Orgânica (%)	4,19	-0,523**	4,45	-0,099 ^{ns}	ns	-0,244*
N (%)	0,22	-0,584**	0,25	0,073 ^{ns}	**	-0,116 ^{ns}
Ca (cmol _c /dm ³)	5,00	-0,160 ^{ns}	6,54	0,325*	*	0,115 ^{ns}
Al (cmol _c /dm ³)	0,54	0,422 ^{ns}	0,28	0,156 ^{ns}	ns	0,255*
Mn (mg/dm ³)	118,04	-0,101 ^{ns}	102,46	0,306*	*	0,112 ^{ns}
Cu (mg/dm ³)	1,95	-0,528**	0,57	-0,424**	**	-0,375**
B (mg/dm ³)	0,77	-0,192 ^{ns}	0,92	-0,290*	ns	-0,260*
Na (mg/dm ³)	18,58	0,200 ^{ns}	20,00	0,297*	ns	0,267**
Fe (g/dm ³)	4,06	-0,295*	3,05	0,189 ^{ns}	*	0,021 ^{ns}

ns = não significativo * = significativo a 5% ** = significativo a 1%

O teor de matéria orgânica do solo influenciou negativamente a absorção do P pela forragem da Área 1 ($P < 0,01$) e no conjunto das duas áreas ($P < 0,05$). Na Área 2, com correlação não significativa, a tendência também foi de influência negativa da matéria orgânica sobre o P da vegetação. As duas áreas mostraram um comportamento homogêneo para esta correlação. A correlação negativa positiva na Área 1 pode ser explicada, em parte, pelo fato deste solo ser mais ácido e ter significativamente menos P-extraível no solo, mais Al e teores altos de Fe, mas teor de matéria orgânica similar ao da Área 2 (Tabelas 3 e 5). Assim sendo, na Área 1 houve mais possibilidade de fixação do P proveniente da matéria orgânica (BUCKMAN e BRADY, 1968; HAAG e DECHEN, 1994; SANTOS, 1997). Esta hipótese também é válida para a relação altamente significativa ($P < 0,01$) e negativa entre os teores de N no solo da Área 1 e os teores de P na forragem. É fato conhecido que os teores de N nos solos são positivamente relacionados com os níveis de matéria orgânica, conforme observa-se nestes solos (Tabela 15).

O Ca do solo influenciou positivamente os teores de P na vegetação somente na Área 2 ($P < 0,05$). Na Área 1 a relação não foi significativa, mas tende a ser negativa. O efeito esperado seria a correlação significativa e positiva, como na Área 2, com solo menos ácido, teores mais elevados de Ca e significativamente mais bem provido em P (Tabela 5; Tabela 15). A ausência de correlação na Área 1

pode ser relacionada também ao pH mais baixo do solo e suas conseqüências diretas e indiretas na maior fixação do P-disponível.

O Al do solo, em baixos níveis, não influenciou a passagem do P para as plantas em nenhuma das áreas. As duas áreas apresentaram comportamento homogêneo, e a correlação global foi significativa ($P < 0,05$) e positiva, uma manifestação do efeito acumulado. Não há explicação plausível para esta correlação, assim como não houve para as correlações positivas Al x P encontradas no solo (Tabela 6). É provável que o P e o Al, em baixos níveis no solo, e com baixa passagem para a pastagem, não apresentem relações.

Não há uma explicação lógica para a influência significativa e positiva ($P < 0,05$) do Mn do solo sobre os níveis de P na forragem na Área 2, assim como notou-se nas relações Mn x P no solo, em ambas as áreas, e na forragem (Tabelas 6 e 10). Em se tratando de solos ácidos, a tendência lógica seria a de um efeito negativo de Mn sobre a absorção do P pela vegetação, assim como foi encontrado no estudo de Santos (1997) nos solos Neosolo Litólico e Luvisolo Hipocrômico.

O Cu do solo influenciou negativamente os teores do P na forragem em ambas as áreas ($P < 0,01$). Esta relação antagônica, de efeito esperado, foi provavelmente potencializada pelas condições de acidez dos solos (BUCKMAN e BRADY, 1968).

Ocorreram correlações significativas e negativas do B do solo com os teores de P na forragem na Área 2 e no conjunto das duas áreas ($P < 0,05$). Estas relações entre o P e o B são difíceis de explicar, já que em nível de solo estes minerais relacionaram-se de modo significativo e positivo (Tabela 6).

O Na do solo mostrou efeito significativo e positivo sobre o P da forragem na Área 2 ($P < 0,05$) e no conjunto das duas áreas ($P < 0,01$). É provável que o P e o Na, em baixos níveis no solo, e com baixa passagem, não apresentem relações.

O Fe do solo atuou negativamente sobre os teores de P na forragem apenas na Área 1 ($P < 0,05$), que apresenta maior acidez, níveis de Fe mais elevados e teores médios de P no solo e forragem significativamente menores (Tabelas 5 e 9). Estes fatores potencializam a indisponibilidade do P pelo Fe em nível de solo (Tabela 6). Na região da Campanha também foram observadas relações negativas Fe no solo x P na forragem em dois dos três solos ácidos estudados. A razão provável é a formação de fosfatos insolúveis por precipitação com Fe, que

indisponibilizam o P (SANTOS, 1977). Conseqüentemente, ocorreu menor passagem do P do solo para as plantas.

Na Tabela 16 são apresentados os coeficientes da relação dos teores médios anuais de alguns minerais na pastagem e os teores médios anuais do P no soro de sangue das novilhas (variável dependente).

Tabela 16 - Correlações lineares simples (r) entre os teores médios anuais de fósforo no soro sangüíneo (no animal) com os teores médios anuais de alguns minerais da pastagem que influenciam a absorção de fósforo pelo animal.

Mineral	Área 1		Área 2		Heterogeneidade do r entre áreas	Global para as duas áreas r
	Teor na pastagem	r	Teor na pastagem	r		
Ca (%)	0,46	0,499 ⁺	0,50	0,835 ^{**}	ns	0,636 ^{**}
S (%)	0,14	0,604 [*]	0,13	0,645 [*]	ns	0,605 ^{**}
Mn (mg/kg)	384,83	0,295 ^{ns}	253,12	-0,489 ^{ns}	+	-0,130 ^{ns}
Fe (mg/kg)	713,94	0,461 ^{ns}	893,33	0,036 ^{ns}	ns	0,255 ^{ns}

ns= não significativo + = significativo a 10% * = significativo a 5% ** = significativo a 1%

O Ca da pastagem relacionou-se positivamente com os níveis médios de P no soro de sangue das novilhas nas Área 1 ($P < 0,10$), Área 2 ($P < 0,01$) e no conjunto das duas áreas ($P < 0,01$). Houve homogeneidade entre áreas para esta correlação. Em ambas as áreas, a forragem apresentou uma relação Ca/P dentro dos limites recomendados para a dieta de ruminantes. Os teores médios de Ca na forragem estiveram dentro da faixa de suficiência para as forrageiras e em níveis suficientes para atender as necessidades das novilhas (Tabela 7). Segundo Carvalho et al., 2003, o Ca na dieta influencia positivamente a absorção de P nos animais.

O S da forragem também relacionou-se significativa e positivamente com o P no soro sangüíneo dos animais em ambas as áreas ($P < 0,05$) e no conjunto das duas áreas ($P < 0,01$). É interessante reportar que este elemento mostrou relação altamente significativas com o P no solo (Tabela 6), mas não na forragem (Tabela 10) e nem no soro de sangue.

Os elementos Mn e Fe da pastagem não influenciaram nos teores de P no soro de sangue. Muito embora não tenha sido constatada a relação, achou-se pertinente incluir estes minerais nesta discussão, porque altos níveis destes minerais na dieta, como no presente caso (Tabela 7), podem influenciar negativamente a

utilização de fósforo pelos animais (AMMERMAN, 1965; CARVALHO et al., 2003; ROSA, 1980; SANTOS, 1997). Por exemplo, Santos (1997) observou uma relação negativa entre o Fe na forragem, produzida em um Planossolo Háplico, sobre os teores de P no soro sangüíneo dos animais em pastejo.

Nas relações entre parâmetros do solo x P na pastagem (variável dependente) os fatores influentes estão vinculados à natureza e condições do solo. Nas relações entre os teores de minerais na forragem x P no soro de sangue (variável dependente), os fatores influentes também estão vinculados diretamente à condições intrínsecas da pastagem, muito embora a pastagem também dependa dos minerais do solo.

Porém, as relações dos teores médios anuais de parâmetros do solo que influenciam os teores médios do P no soro de sangue (variável dependente) caracterizaram-se por não serem “diretamente vinculadas”, como nos casos anteriores. Tais relações, demonstradas na Tabela 17, caracterizam-se por não ter um “vínculo direto”, precisando de uma “ponte de passagem”, que é a pastagem.

A argila relacionou-se positivamente com o teor médio anual P no soro de sangue na Área 1 ($P < 0,01$) e no conjunto das duas áreas ($P < 0,05$). As áreas apresentaram resposta homogênea para esta relação. É provável que esta relação deva-se ao fato que os solos mais argilosos são os que apresentam os maiores teores de P, embora as argilas possam ser fixadoras de P. Como os pontos amostrados estavam distribuídos uniformemente por locais altos ou baixos (mais férteis e mais argilosos), a relação pode ter influência destes pontos amostrais.

A matéria orgânica do solo influenciou negativamente os teores de P no soro de sangue em ambas as áreas ($P < 0,01$), e no conjunto das áreas ($P < 0,01$), sendo que não houve interação entre áreas. Correlações ou tendências semelhantes foram verificadas também entre a matéria orgânica no solo e os teores de P na forragem (Tabela 15).

Tabela 17 - Correlações lineares simples (r) entre os teores médios anuais de fósforo no soro sangüíneo (no animal) com os teores médios anuais de alguns elementos do solo que influenciam a absorção do fósforo pelo animal.

Área 1	Área 2	Heterogeneidade	Global para as
--------	--------	-----------------	----------------

Parâmetro do solo	Teor no solo	r	Teor no solo	r	do r entre áreas	duas áreas r
Argila (%)	14,35	0,713**	14,56	0,240 ^{ns}	ns	0,508*
Matéria Orgânica (%)	4,19	-0,905**	4,45	-0,861**	ns	-0,871**
N (%)	0,22	-0,733**	0,25	0,016 ^{ns}	*	-0,403 ⁺
Mg (cmol _c /dm ³)	1,81	-0,776**	1,90	-0,412 ^{ns}	ns	-0,615**
Mn (mg/dm ³)	118,04	-0,734**	102,46	-0,323 ^{ns}	ns	-0,582**
Cu (mg/dm ³)	1,95	-0,576*	0,57	-0,892**	ns	-0,689**
B (mg/dm ³)	0,17	-0,713**	0,92	-0,742**	ns	-0,690**
Na (mg/dm ³)	18,58	0,892**	20,00	0,858**	**	0,817**
Fe (g/dm ³)	4,06	-0,665*	3,05	0,008 ^{ns}	ns	-0,438*

ns= não significativo + = significativo a 10% * = significativo a 5% ** = significativo a 1%

As relações dos parâmetros do solo x P na forragem (variável dependente), e dos parâmetros do solo x P no soro de sangue (variável dependente) também foram, positiva ou negativamente, semelhantes com os seguintes minerais (Tabelas 15 e 17): N, Cu, B, Na e Fe. Assim sendo, as relações entre os parâmetros do solo que influenciam a passagem do P para a pastagem tenderiam a repetir-se na transposição destes elementos minerais das plantas para o animal, ao ser empregada a metodologia de verificar os seus teores no soro de sangue. Desta maneira, ao menos para estes minerais e para o P oriundo da matéria orgânica, caracterizam-se as suposições propostas no item 4.3.2. Fósforo na pastagem: a forragem funciona como uma “ponte de passagem” dos minerais do solo para os animais, e reflete o “status” de concentração de minerais trocáveis na solução do solo.

Por esta razão, os comentários anteriores sobre as relações da matéria orgânica, N, Cu, B, Na e Fe do solo, com os teores de P na pastagem (variável dependente), também são válidos para explicar as relações de tais parâmetros do solo com os teores de P no soro de sangue (variável dependente).

As relações do Mn do solo com o P no soro de sangue apresentaram-se homogêneas, altamente significativas ($P < 0,01$; Área 1 e global), e negativas em ambas as áreas. Em se tratando de solos ácidos e com níveis muito altos de Mn (Tabela 1) e com pastagens naturais com teores de Mn muito acima da faixa de suficiência na forragem, e da necessidade dos animais (Tabela 7), esta é uma tendência lógica. Dietas com altos níveis de Mn influenciam negativamente a

utilização do fósforo pelos animais (AMMERMAN, 1965; CARVALHO et al., 2003; ROSA, 1980; SANTOS, 1997).

As relações do Mg do solo, presente em altos níveis (Tabela 3), e o P no soro de sangue – altamente significativas ($P < 0,01$; Área 1 e global), negativas e homogêneas para as duas áreas – obedeceram a mesma lógica. A forragem apresentou teores de Mg na ordem de 230% acima do nível necessário aos animais (Tabela 7). Quando há excesso de Mg na dieta ocorre antagonismo entre o Mg e o P em nível de intestino, com a formação de fosfato de magnésio (MARTIN, 1993).

Os resultados das relações do P com outras variáveis, na sua passagem pela cadeia solo-pastagem-animal, são resumidos a seguir.

(1) Parâmetros do solo x P na pastagem (variável dependente)

- As correlações foram significativas e positivas com o Ca (Área 2), Al, Mn (Área 2) e Na;
- As correlações foram significativas e negativas com a matéria orgânica, N (Área 1), Cu, B e Fe (Área 1).

(2) Minerais na pastagem e P no soro de sangue (variável dependente)

- As correlações foram significativas e positivas com o Ca e S.

(3) Parâmetros do solo x P no soro de sangue (variável dependente)

- As correlações foram significativas e positivas com a argila e Na;
- As correlações foram significativas e negativas com a matéria orgânica, N, Mg, Mn, Cu, B e Fe.

(4) As variáveis dependentes P na pastagem e P no soro de sangue

correlacionaram-se de modo semelhante, com os seguintes parâmetros do solo: matéria orgânica, N, Cu, B, Fe (correlações negativas) e Na (correlação positiva).

4.4. Considerações finais

Os resultados obtidos no estudo atingiram os objetivos propostos. Deve-se considerar que estes resultados constituem-se apenas em uma parte do universo dos dados coletados, pois as amostras de solo, forragem e soro de sangue foram também analisadas para os teores dos outros minerais citados no presente estudo. Assim sendo, as avaliações, discussões e conclusões, inicialmente enfocando a

dinâmica do mineral fósforo (no solo, na vegetação, no soro de sangue, e suas interações com outros minerais nestes três segmentos, e na sua passagem pela cadeia solo-pastagem-animal), devem ser estendidas aos outros macro e microminerais.

Deve-se também levar em conta que, na Área 2 (Fazenda São Thomaz), as avaliações foram continuadas por mais um ano. A condução foi realizada de modo idêntico, havendo apenas a troca do grupo dos animais avaliados por um novo lote, ao final do primeiro ano de avaliação. Isto possibilitou a ampliação das avaliações mês a mês, bem como a possibilidade de comparação entre anos.

A melhoria da produtividade animal na região Serra do Sudeste pode ser conseguida através da adoção de várias práticas de manejo, tomadas isoladamente ou em conjunto. Neste sentido, com base nos resultados obtidos, é possível indicar recomendações de tecnologias eficientes e de baixo custo.

Os estratos médio e superior da vegetação dos campos estudados na Serra do Sudeste são formados por espécies arbustivas, arbóreas ou cespitosas, consideradas “não forrageiras”, que predominantemente apresentam uma cobertura de solo entre 35 a 50%, dependendo da situação geográfica e época do ano, diminuindo desta maneira a superfície pastoril. Uma das práticas de manejo importantes para melhorar a produtividade destas áreas é um controle mecânico de tal vegetação. A prática favorece a ocupação do solo pelas espécies de gramíneas e leguminosas do estrato inferior, e o aumento na produção de forragem de melhor qualidade. O emprego desta prática pode ampliar a área coberta de solo por *Paspalum notatum* para 50% (GONÇALVES et al., 1997), assim como o percentual de participação de outras espécies úteis do estrato inferior na composição florística.

O estudo mostrou que o período crítico na oferta de forragem é o inverno, quando houve perdas no peso vivo dos animais em pastejo. O controle das cargas animais é uma ferramenta útil para regular a oferta de forragem nesta ou em outras estações do ano. Um melhor manejo dos campos pode ser dado pelo emprego do pastejo rotativo controlado, ou racional, dentro do possível. A especialização da produção (cria, recria ou engorda) pode facilitar melhorias nas tomadas de decisão quanto ao manejo dos campos, como compra e venda de gado em períodos de maior ou menor oferta forrageira.

A utilização estratégica do pastejo misto de bovinos e ovinos é prática importante a ser conjugada com a limpeza dos campos, já que os ovinos controlam melhor o rebrote da vegetação arbustiva.

A falta de uma proporção significativa de gramíneas úteis de estação fria e de leguminosas de estação fria ou quente, na composição florística é, entre outros fatores, uma consequência da deficiência de fósforo e da acidez dos solos. Ficou evidenciado que a Área 2 apresentou até quatro vezes mais leguminosas do que a Área 1, dependendo da estação do ano. Os fatores preponderantes devem ter sido a menor acidez do solo, a maior disponibilidade de fósforo, e o superpastejo realizado na Área 2 durante o período pré-experimental, que contribuiu com a abertura da comunidade vegetal e para o maior aparecimento das leguminosas.

Assim, juntamente com as práticas de limpeza de campo, uma das tecnologias recomendadas seria a calagem superficial e a adubação fosfatada destes campos. Estas operações podem ser acopladas com a sobressemeadura de leguminosas de estação fria, como as dos gêneros *Lotus* e *Trifolium*, para cobrir as deficiências da qualidade e da quantidade de forragem, principalmente nos períodos frios.

A calagem superficial colaboraria para neutralizar os efeitos negativos, por exemplo, do ferro e do cobre, na passagem do P pela cadeia solo-pastagem-animal, conforme ficou evidenciado. O fósforo proveniente das adubações serviria para suprir as deficiências deste mineral na forragem e nos animais, pois ocorrem relações significativas e positivas entre os teores de fósforo no solo e na forragem, e entre os teores de fósforo na forragem e no soro de sangue.

O estudo evidenciou ainda que os solos pobres em fósforo produziram pastagens com baixos teores médios anuais de fósforo, que por sua vez, induziram deficiência nos animais em regime de pastejo.

As menores concentrações de fósforo na forragem ocorreram no outono-inverno e as maiores na primavera. No entanto, tomando como base os teores de fósforo na forragem de ambas as áreas, e os teores de fósforo no soro de sangue dos animais, foi evidente a deficiência de fósforo para os animais na maior parte do ano. O fato indica a necessidade da suplementação com fósforo durante todo o ano. Em função dos baixos teores de sódio no solo e na forragem, misturas minerais contendo cloreto de sódio + fósforo seriam imprescindíveis. Ou então misturas com

sais proteinados + fósforo, para ajudar a utilização deste nutriente em períodos de deficiência de proteína, como no inverno (DIAS, 1998).

Deste modo, os resultados aferidos permitiram realizar diagnósticos e indicações para o incremento na produtividade animal na região Serra do Sudeste, como segue.

- (1) Determinação da dinâmica do fósforo na cadeia solo-planta-animal e do “déficit” marginal de fósforo na dieta ao longo do ano;
- (2) Determinação do “déficit” na quantidade da forragem em oferta ao longo do ano;
- (3) Subsidiar recomendações para formulação de rações e suplementos minerais e vitamínicos, e para ajustes estacionais do fósforo nas formulações, para aumentar a produtividade animal;
- (4) Diagnóstico da necessidade de fertilização de pastagens naturais com fósforo.

Este estudo mostrou a pouca participação de espécies de estação fria na composição florística durante o período crítico, especialmente leguminosas. Deste modo, o melhoramento das pastagens naturais com espécies forrageiras de estação fria deve priorizar a introdução de leguminosas de estação fria;

- (5) Colaborar no desenvolvimento de projetos de produção animal, com base em suplementações e no melhoramento de campos naturais e implantação de espécies de estação fria, especialmente leguminosas;
- (6) Fornecer informações necessárias para indicar o melhor manejo do recurso campo natural, como ajustes de lotação e limpezas;
- (7) Subsidiar estudos sócio-econômicos do sistema extensivo e de sistemas alternativos de produção;
- (8) Fornecer e transmitir conhecimentos e subsídios para pesquisadores, extensionistas rurais, bem como para produtores, engajados com o desenvolvimento regional;
- (9) Colaborar com a ciência e o conhecimento científico, ao gerar publicações de interesse para a comunidade científica.

Os resultados permitiram a formulação das seguintes hipóteses:

- (1) As relações do P no solo com outros parâmetros do solo possivelmente se estreitam proporcionalmente ao: (a) aumentos nos teores do P disponível, e (b)

aumentos nos teores dos parâmetros considerados. As assertivas provavelmente não são válidas para o pH do solo.

- (2) A pastagem funciona como “ponte de passagem” dos minerais do solo para os animais, e o “status” mineral da pastagem reflete a concentração dos minerais trocáveis na solução do solo.
- (3) Os resultados da dinâmica anual para os teores de P na forragem do campo natural, podem ser generalizados para as pastagens que vegetam em outros solos virgens da Metade Sul do Rio Grande do Sul, onde normalmente há similaridades no tipo de vegetação do estrato inferior, e no regime e distribuição das chuvas e temperaturas ao longo do ano. Os desvios que ocorrem em relação as pluviosidades normais mensais, provavelmente, não afetarão as tendências observadas.

A importância em priorizar o fósforo ficou evidenciada, pois este elemento é o mineral mais deficiente nas áreas estudadas.

5. CONCLUSÕES

1. Os solos da região apresentam baixos teores de fósforo durante o ano todo, sendo menores no inverno e maiores no verão.
2. Os teores de fósforo na vegetação do campo natural são insuficientes para suprir as exigências nutricionais de animais em pastejo.
3. Os teores de fósforo no soro de sangue dos animais em pastejo encontram-se abaixo do limite de normalidade no verão, outono e inverno; na primavera encontra-se no limite da normalidade.
4. Existe uma relação positiva na passagem do fósforo entre os elos solo-pastagem e pastagem-animal.
5. A passagem do fósforo pela cadeia solo-planta-animal é influenciada de forma positiva ou negativa pelos teores de outros minerais existentes em cada elo da cadeia solo-pastagem-animal.
6. Os elementos do solo que influenciaram negativamente nos teores de fósforo, na sua passagem solo-pastagem e solo-animal, foram: ferro, cobre, boro, nitrogênio e matéria orgânica.
7. A dinâmica do fósforo na passagem pela cadeia solo-pastagem-animal é dependente do ecossistema.
8. As gramíneas de estação quente (73% de contribuição) e as folhas largas (21% de contribuição) são os principais componentes da forragem disponível no estrato inferior da vegetação do campo natural.
9. A contribuição das leguminosas na forragem do campo natural é muito baixa, especialmente à das leguminosas de estação fria.
10. As espécies arbustivas e arbóreas dos estratos médio e superior da vegetação, e consideradas não forrageiras, ocupam 35 a 50% da superfície pastoril.

11. O período crítico na oferta de forragem é o inverno, quando ocorrem perdas no peso dos animais em pastejo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, J. J. dos. Levantamento dos níveis de minerais no solo, planta e animal, no Planalto Catarinense. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 22., 1985, Balneário Camboriú. **Anais**. Balneário Camboriú: SBZ, 1987. p.180.
- AGOSTINI, J.A.E.; KAMINSKI, J. Estudo preliminar das concentrações de nutrientes minerais dos solos e pastagens naturais ocorrentes em diferentes regiões do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 6, n. 4, p. 385-406, dez., 1976.
- ALBINSTON, H.E. **Diseases of domestic animals in Australia**. Canberra: Australian Department of Health Service Publication (Animal Quarentine), v. 1, n. 12, Parte 6, 1975, 128 p.
- 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.; OLIVEIRA, O. L. Avaliação dos teores de elementos minerais no solo e na vegetação de campo natural na micro-região de Bagé-RS. I. Macrominerais In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais**. Botucatu: SBZ, 1998a. v. 2, p. 200-202.
- ALFAYA, H.; EICHELBERGER, L.; SILVA, J. B. da S.; OLIVEIRA, O. L. Avaliação dos teores de elementos minerais no solo e na vegetação de campo natural na micro-região de Bagé-RS. II Microminerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais**. Botucatu: SBZ, 1998b. v. 2, p.203-205.

ALFAYA, H.; EICHELBERGER, L.; SILVA, J. B. da S.; PORTELLA, J. da S.; OLIVEIRA, O. L. P. Flutuação sazonal dos teores de cálcio e fósforo 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, 1998c. v. 2, p. 644-646.

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, 1998d. v. 2, p. 719-721.

ALFAYA, H.; EICHELBERGER, L.; DIAS, A.E.A.; REIS, J.C.L.; SIQUEIRA, O.J.W. de; PARFITT, J.M.B. Avaliação de parâmetros da fração fibrosa na forragem de campo natural. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre, 1999. **Anais**. Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

ALFAYA, H.; SANTOS, B.R.C.; SILVA, J B. DA; E.M. PERDERZOLLI, E. M. Comportamento dos macrominerais no sistema solo-planta na região agroecológica Campanha – R.S. 1. Fósforo. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16.; CONGRESO URUGUAYO DE PROUCCIÓN ANIMAL, 3., 2000, Montevidéo. **Anales**. Montevidéo: Grupo DelMercosur, 2000a. 1CD-ROM.

ALFAYA, H.; SANTOS, B.R.C.; SILVA, J B. DA; E.M. PERDERZOLLI, E. M. Comportamento dos macrominerais no sistema solo-planta na região agroecológica Campanha – R. S. 2. Cálcio. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16.; CONGRESO URUGUAYO DE PROUCCIÓN ANIMAL, 3.,2000, Montevidéo. **Anales**. Montevidéo: Grupo DelMercosur, 2000b. 1 CD-ROM.

ALFAYA, H.; ALVES BRANCO, F.P.J.; SAPPER M.F.M.; FRANCO, J.C.B.; PEDERZOLLI, E.M. Disponibilidade de forragem e nutrientes em áreas de campo natural no período hiberno-primaveril na região agroecológica Campanha-Rio Grande do Sul. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16.; CONGRESO URUGUAYO DE PROUCCIÓN ANIMAL, 3., 2000, Montevidéo. **Anales**. Montevidéo: Grupo DelMercosur, 2000c. 1 CD-ROM.

ALFAYA, H.; ALVES BRANCO, F.P.J.; SAPPER M.F.M.; FRANCO, J.C.B.; PEDERZOLLI, E.M. Parâmetros de qualidade e valor nutritivo da forragem de áreas de campo natural no período inverno-primavera na região agroecológica Campanha-Rio Grande do Sul. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16.; CONGRESO URUGUAYO DE PROUCCIÓN ANIMAL, 3., 2000, Montevidéo. **Anales**. Montevidéo: Grupo DelMercosur, 2000d. 1 CD-ROM..

ALFAYA, H.; ALVES BRANCO, F.J.P.; SAPPER, M.F.M.; PEDERZOLLI, E.M.; FRANCO, J.C.B. Consumo de nutrientes por animais em crescimento em campo natural com ou sem suplementação alimentar na estação fria. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais**. São Paulo: SONOPRESS-RIMO, 2001a. 1 CD-ROM.

ALFAYA, H.; ALVES BRANCO, F.J.P.; SAPPER, M.F.M.; PEDERZOLLI, E.M.; FRANCO, J.C.B. Energia e proteína disponíveis na vegetação de campo natural no período hibernal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais**. São Paulo: SONOPRESS-RIMO, 2001b. 1 CD-ROM.

ALFAYA, H.; REIS, J.C.L.; PEDERZOLLI, E. M.; LÜDER, W. E. Disponibilidade anual de forragem e composição florística estacional de campo natural da mata subtropical rala. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: SBZ, 2003a. 1 CD-ROM.

ALFAYA, H.; REIS, J. C. L.; PEDERZOLLI, E. M., LÜDER, E. L.; SILVA, J. B. Annual forage production of native pasture localized in subtropical sparse wood zone at Rio Grande do Sul / Brazil. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003, Porto Alegre. **Proceedings**. Porto Alegre: WAAP, ALPA, SBZ, UFRGS, 2003b. 1 CD-ROM.

AYALA, W. ; BERMÚDEZ, R. Fertilización fosfatada de pasturas. In: MAS, C.; CARÁMBULA, M.; BERMÚDEZ, R.; CARIQUIRY, E. **Mejoramientos extensivos en la Region Este: resultados experimentales 1991-92**. Trintra e Três: INIA-Estacion Experimental del Este, 1992. p. 49-59.

AMMERMANN, C.B. Mineral interrelationships. **Feedstuffs**, v. 37, n . 40, p. 18, 20, 51, outubro, 1965.

ANDREW, C.S.; JOHANSEN, C. Differences between pasture species in their requirements for nitrogen and phosphorus. In: WILSON, J. R., (Ed.). **Plant relations in pastures**. East Melbourne: CSIRO, 1978. cap. 8, p. 111- 127.

ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 20, n. 4, p. 665-674, 1960a.

ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. II. Nitrogen, calcium, magnesium, potassium, and sodium contents. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 20, n. 4, p. 665-685, 1960b.

AUSTRALIAN AGRICULTURAL COUNCIL–AAC. **Feeding standards for australian livestock: ruminants**. 2. ed. Melbourne: CSIRO, 1994. 266 p.

BALBUENA, O.; LUCIANI, C.A.; McDOWELL, L.; CONRAD, J.H.; MARTIN, F.G. Estudios de la nutrición mineral de los bovinos para carne del este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). 1. Fósforo y calcio. **Veterinária Argentina**, Buenos Aires, v. 6, n. 54, p. 241-253, jun., 1989.

BALL, D.M.; HOVELAND, C.S.; LACEFIELD, G.D. **Southern forages**. Atlanta: Potash & Phosphate Institute, 1991. 256 p.

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. (Ed.). **Suplementação mineral de bovinos em regiões subtropicais**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 19-51.

BARRETO, I.L.; KAPPEL, A. Principais espécies de gramíneas e leguminosas das pastagens naturais do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 15., 1967, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: UFRGS, 1967. p. 281-294.

BAVERA, G.A.; BOCCO, O.A. **Suplementacion mineral del bovino**. Buenos Aires: Hemisfério Sur, 1987. 88 p.

BEN, J.R.; FONTANELI, R. S.; PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Efeito de modos de aplicação de calcário sobre a produção de matéria seca de leguminosas de inverno em sistema de plantio direto em campo nativo. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL DO CONE SUL, 16., 1996. Porto Alegre. **Relatório**. Porto Alegre: J.C. Saibro, 1998a. p. 76-77.

BEN, J.R.; FONTANELI, R.S.; PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Efeito de modos de aplicação de calcário sobre a produção de forragem de aveia preta em sistema plantio direto em campo nativo. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS DAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL DO CONE SUL, 16., 1996. Porto Alegre. **Relatório**. Porto Alegre: J.C. Saibro, 1998b. p. 78-79.

BOLDRINI, I. I. **Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional**. Porto Alegre: UFRGS, 1997. 39 p. (UFRGS. Boletim do Instituto de Biociências, 56).

BRUM, P.A.R. de; SOUSA, J.C. de. Níveis de nutrientes minerais para gado, em lagoas ("Baías" e "Salinas") no Pantanal sul-mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 12, p. 1451-1454, dez., 1985.

BRUM, P.A.R. de; SOUSA, J.C. de; COMASTRI FILHO, J. A.; ALMEIDA, I. L. de. Deficiências minerais de bovinos na sub-região dos Paiaguás, no Pantanal Mato-grossense. I. Cálcio, fósforo e magnésio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 9-10, p. 1039-1048, set./ out. 1987.

BRUM, P.A.R. de; SOUSA, J.C. de; ALMEIDA, I.L.; CUNHA, N.G. da; COMASTRI FILHO, J.A.; POTT, E. B.; VIEIRA, L.M.; COSTA, E.M.A.; TULLIO, R. R. Níveis de cálcio, fósforo e magnésio em solo, forrageiras e tecidos animais na sub-região dos Paiaguás, Pantanal Matogrossense. Corumbá: EMBRAPA-UEPAE de Corumbá, 1980. 10 p. (EMBRAPA-UEPAE de Corumbá. Comunicado Técnico, 2).

BUCKMAN, H.O; BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1968. 594 p.

BURGSTALLER, G. **Praktische Rinderfütterung**. 4. ed. rev. Stuttgart: Ulmer Verlag, 1986. 203 p.

CALL, J.W.; BUTCHER, J.E.; BLAKE, J.T.; SMART, R.A.; SHUPE, J.L. Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 47, n. 1, p. 216-225, 1978.

CARÁMBULA, M. Consideraciones relevantes sobre el campo natural. In: CARÁMBULA, M (Ed.). **Pasturas naturales mejoradas**. Montevideo: Hemisferio Sur, s.d., p.5-28.

CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; McDOWELL, L. R. **Nutrição de bovinos a pasto**. Belo Horizonte: PapelForm, 2003. 438 p.

CASTILHOS, Z.N.S. **Controle de espécies indesejáveis na pastagem natural**. Porto Alegre: Caramuru, 1993. p.62-71. (FEDERACITE, 4)

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

CAVALHEIRO, A.C.L.; TRINDADE, D.S. **Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo**. Porto Alegre: SAGRA, 1992. 142 p.

CLOSE, W.; MENKE, K.H.; STEINGASS, H.; TROSCHER, A. **Selected topics in animal nutrition**, Germany, 1986. 255 p.

COATES, D. B. ; TERNOUTH, J.H. Phosphorus kinetics of cattle grazing tropical pastures and the implications for the estimation of their phosphorus requirements. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 119, p. 401- 409, 1992.

CONRAD, J.H.; SOUZA, J.C. de. Predição de deficiências minerais em ruminantes baseado em solo, planta e tecido animal. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: UFMG/UFV/ESAL/EPAMIG/USAID, 1976. p. 251-261.

CORSI, M. Exigências nutricionais de plantas forrageiras em pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. DE, (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 49-64.

CORSI, M.; SILVA, R.T. de L. e. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. DE, (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 65-83.

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).

DAYRELL, M. de S. **Teores de minerais nos tecidos animal, plantas e solos do Brasil**. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1986. 37 p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 24).

DAYRELL, M. de S.; DEREZS, F. Teor de fósforo orgânico no soro sangüíneo de vacas em lactação da região da zona da mata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 10, p. 1307-1312, out. 1984.

DAYRELL, M. de S.; LOPES, H.O. da S.; AROEIRA, J.A.D.C.; FERREIRA NETO. J.M., SAMPAIO, I.B.M. Teores de cálcio, magnésio, fósforo inorgânico e atividade de fosfatase alcalina no soro sangüíneo de bovinos criados no cerrado. **Arquivos da Escola de Veterinária, UFMG**, Belo Horizonte, v. 24, n. 3, p. 265-274, 1972.

DAYRELL, M. de S.; DÖBERAINER, J.; TOKARNIA, C.H. Deficiência de fósforo em bovinos na região de Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Veterinária, Rio de Janeiro, v. 8, n. 6, p.105-114, 1973.

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, 1973b.

DIAS, A. E. A. **Caracterização da qualidade nutricional da pastagem natural da região agroecológica Serra do Sudeste – RS**. 1998. 152 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

DIAS, A.E.A.; ALFAYA, H.; EICHELBERGER, L.; REIS, J.C.L.; SIQUEIRA, O.J.W. de; PARFITT, J.M.B. Parâmetros de qualidade da pastagem natural na região agroecológica Serra do Sudeste-RS. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

DRESCHER, M.; BISSANI, C. A.; GIASSON, E.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. **Avaliação da fertilidade dos solos do estado do Rio Grande do Sul e necessidades de adubos e corretivos**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. 24 p. (UFRGS - Departamento de Solos. Boletim Técnico de Solos, 7).

DUNLOP. J.; HART, A.L. **Mineral nutrition**. In: White Clover. Wallingford: CAB, 1987. p.153-181.

EICHELBERGER, L.; ALFAYA, H.; DIAS, A.E.A.; REIS, J.C.L.; SIQUEIRA, O.J.W. de. Qualidade da pastagem de campo natural no inverno e primavera na região agroecológica Serra do Sudeste do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais**. Botucatu: SBZ, 1998. p. 641-643.

EMBRAPA PECUÁRIA SUL. **Melhoria da oferta forrageira para a Região Sul: novas tecnologias**. Bagé, 2000. 62 p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 19).

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

EVANS, J.L.; DAVIS, G. K. Dietary phosphorus, sulphur and molybdenum and mineral composition of rumen fluid. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 25, n. 4, p. 1010-1013, 1966.

FARSUL. **Índices de lotação pecuária para o Rio Grande do Sul**. In: Publicações técnicas da Federação da Agricultura do Rio Grande do Sul-FARSUL. JACQUES, A.V.A. et al. (Ed). Comissão de Assuntos Fundiários. Porto Alegre, 1997. v. 1, 56 p., 1997.

FICK, K.R.; McDOWELL, L.R.; HOUSER, R.H.; SILVA, H.M. Atual situação da pesquisa de minerais na América Latina. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: UFMG/UFV/ESAL/EPAMIG/USAID, 1976. p. 261-292.

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.

FREITAS, E. A.G. de; LÓPEZ, J.; PRATES, E.R. Produtividade da matéria seca, proteína digestível e nutrientes digestíveis totais em pastagem nativa do Rio Grande do Sul. **Anuário Técnico do Instituto de Pesquisa Zootécnica Francisco Osório**, Porto Alegre, v. 3, p. 454-515, 1976.

GARDNER, A.L. **Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção**. Brasília: IICA: EMBRAPA-CNPGL. 1986. 197 p. (IICA. Publicações Miscelâneas, 634).

GARTNER, R.J.W.; McLEAN, R.W.; LITTLE, D.A.; WINKS, L. Mineral deficiencies limiting production of ruminants grazing tropical pastures in Australia. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 14, n. 3, p. 266-272, 1980.

GAVILLON, O.; QUADROS, A.T F. **O cálcio e o fósforo em pastagens nativas do Rio Grande do Sul**: constatação de deficiências na primavera e no verão. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura - Departamento de Produção Animal, 1970. 17 p. (DPA. Boletim Técnico, 17).

GAVILLON, O.; QUADROS, A.T. O ferro e o manganês em pastagens nativas do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Zootecnia, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 47-54, 1973.

GIRARDI-DEIRO, A.M.; GONÇALVES, J.O.N. Estrutura da vegetação de um campo natural submetido a três cargas animais na Região Sudoeste do Rio Grande do Sul. In: EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Ovinos. **Coletânea das pesquisas: forrageiras**. Bagé, 1987. p.33-62. (EMBRAPA-CNPO. Documentos, 3).

GIRARDI-DEIRO, A.M.; GONÇALVES, J.O.N. **Determinação do tamanho e número de amostras da vegetação do campo natural em Bagé, RS.** Bagé: EMBRAPA-CNPO, 1990. 23 p. (EMBRAPA-CNPO. Boletim de Pesquisa, 14).

GIRARDI-DEIRO, A.M.; GONÇALVES, J.O.N.; GONZAGA, S.S.: Campos naturais ocorrentes em diferentes solos no município de Bagé, RS. **IHERINGIA**, Porto Alegre, v. 42 , p. 55-79, 1992.

GOEDERT, W. J.; SOUZA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SEMINÁRIO FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES - SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS NA AGRICULTURA, 1984, São Paulo. **Anais.** São Paulo: MANAH, 1986. p. 21-59.

GOMES, K.E. **Avaliação de pastagens modificadas pelo preparo do solo e introdução de espécies de inverno.** 1984. 121 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984.

GONÇALVES, J.O.N. **Pastagens naturais;** pesquisas realizadas na região da fronteira sudoeste do RS; (Fazenda Experimental "Cinco Cruzes"/DNPEA – Embrapa Pecuária Sul. 1954-1997). Bagé, Embrapa Pecuária Sul, 1999, 23p. (Embrapa Pecuária Sul. Documentos, 16).

GONÇALVES, J.O.N.; GIRARDI-DEIRO, A.M. Efeito de três cargas animais sobre a vegetação de pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 5, p. 547-554, 1986.

GONÇALVES, J.O.N.; GIRARDI-DEIRO, A.M.; MOTA, A.F. **Limpeza de campo na Serra do Sudeste, RS;** efeito de corte e queima de plantas lenhosas, visando aumentar áreas de pastoreio. Bagé: Embrapa CPPSul, 1997. 15 p. (Embrapa – CPPSul. Circular Técnica, 11).

HAAG, H.P.; DECHEN, A.R. Deficiências minerais em plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. de. (Ed.). **Pastagens:** fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 85-110.

HARGREAVES, J.N.G.; KERR, J.D. **Botanal;** a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. 2. Computational package. Brisbane: CSIRO, 1978. 95 p.

HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, v. 15, p. 663-670, 1975.

HENDRICKSEN, R.E.; TERNOUTH, J.H.; PUNTER, L.D. Seasonal nutrient intake and phosphorus kinetics of grazing steers in Northern Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 45, n. 4, p. 817-1829, 1994.

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

LITTLE, D.A. Observations on the phosphorus requirement of cattle for growth. **Research in Veterinary Science**, Oxford, v. 28, p. 258-260, 1980.

LOBATO, J.F.P. **Comportamento de consorciações de gramíneas temperadas com leguminosas quando implantadas em pastagem natural submetida a preparo superficial do solo, sob o efeito de quatro doses de calcário e dois métodos de sementeira**. 1972. 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1972.

LOPES, H.O. da S.; NETO, J.M.F.; SAMPAIO, I.B.M. Alguns fatores que influenciam os níveis de fósforo inorgânico, cálcio, magnésio e fosfatase alcalina no soro sanguíneo de bovinos no cerrado. **Arquivos da Escola de Veterinária- UFMG**, Belo Horizonte, v. 25, n. 3, p. 309-327, 1973.

LOPES, H.O. da S.; FICHTNER, S.S.; JARDIM, E.C.; COSTA, C. de P.; MARTINS JUNIOR, W. Composição mineral de amostras de solo, forragem e tecido animal da micro-região Mato Grosso de Goiás. 1. Cálcio, fósforo, magnésio e potássio. **Arquivos da Escola de Veterinária - UFMG**, Belo Horizonte, v. 32, n. 2, p.161-74, 1980.

MACEDO, W.; BRASIL, N.E.T.; PATELLA, J.F. Calcário na implantação em cobertura de leguminosas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 125-134, 1979.

MACEDO, W.; GONÇALVES, J.O.N.; GIRARDI-DEIRO, A.M. Melhoramento de pastagem natural com fosfatos e introdução de leguminosas em solo da fronteira oeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, p. 231-235, 1985.

MACHADO, L.A.Z. Manejo da pastagem nativa. MACHADO, L.A.Z. (Ed.). Guaíba: Agropecuária, 1999. 158 p.

MALAVOLTA, E. A absorção de elementos pelas raízes. In: **Elementos de nutrição mineral das plantas**. Piracicaba: CERES, 1980. p.45-79.

MANCUSO, P. C. Níveis de cálcio, fósforo e magnésio em soros de bovinos do Rio Grande do Sul.: Guaíba, Livramento, Rio Pardo, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Paula e São Gabriel. **Boletim do Instituto de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor**, Porto Alegre, v. 1, n. especial, p. 11-21, 1972.

MANCUSO, P. C. Níveis de cálcio, fósforo e magnésio em soros de bovinos do Rio Grande do Sul : Cachoeira do Sul, Canoas, Encruzilhada do Sul, Lagoa Vermelha, São Jerônimo e Vacaria. **Boletim do Instituto de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor**, Porto Alegre, v. 2, p. 41-50, n. especial, 1974.

MARTIN, L.C.T. **Nutrição mineral de bovinos de corte**. São Paulo: Nobel, 1993. 173 p.

McLEAN, R.W.; HENDRICKSEN, R.E.; COATES, D.B.; WINTER, W. H. Phosphorus and beef production in northern Australia. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 24, p. 197- 208, 1990.

MENGEL, K.; KIRBY, E. **Principles of plant nutrition**. 3 ed. Berna: International Potash Institute, 1982. 655 p.

MEURER, E.J.; LUDWICK, A.E. **O zinco nos solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia- Departamento de Solos, 1970. 8p. (UFRGS. Folheto Informativo, 5).

MOHRDIECK, K.H. Formações campestre do Rio Grande do Sul. In: **Campo nativo-melhoramento e manejo**. Porto Alegre: Caramurú, 1993. p.11-23. (FEDERACITE, 4).

MOOJEN, E.L. **Dinâmica e potencial produtivo de uma pastagem nativa do Rio Grande do Sul submetida a pressões de pastejo, épocas de diferimento e níveis de adubação**. Porto Alegre: UFRGS, 1991, 172 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991.

MÜHLBACH, P. R. A importância do fósforo na nutrição e produção da vaca leiteira. In: BARCELLOS, J.O.J.(Ed.). SUPLEMENTAÇÃO MINERAL DE BOVINOS EM REGIÕES SUBTROPICAIS. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 7-17.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. rev. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.

OLIVEIRA, O. L. P. de. Phosphate fertilizer for pasture maintenance in southern Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North, Hamilton, Lincoln. **Proceedings**. Palmerston North: IGC, 1993. p.1569-1570.

PAIM, N.R. Pastagens nativas da região sul do Brasil. In: **As pastagens nativas gaúchas**. Porto Alegre: Ideograf, 2003. p.23-38. (FEDERACITE, 11).

PEIXOTO, R.R.; MAIER, J.C. **Nutrição e alimentação animal**. 2. ed. Pelotas: UCPel- EDUCAT: UFPel, 1993. 169 p.

PILLAR, V. da P. **Fatores ambientais relacionados à variação da vegetação de um campo natural**. 1988. 164 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

POTT, A. **Levantamento ecológico da vegetação de um campo natural sob três condições: pastejado, excluído e melhorado**. 1974. 233 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia - Forrageiras)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974.

PRESTES, P.J.Q.; FREITAS, E.A.G.; BARRETO, I.L. **Hábito vegetativo e variação estacional do valor nutritivo das principais gramíneas da pastagem nativa do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPZFO, 1976. v. 3, p. 516-531.

PROVENZA, F.D. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, p. 2010-2020, 1996.

REIS, J.C.L.; ALFAYA, H.; DIAS, A.E.A.; EICHELBERGER, L.; SIQUEIRA, O.J.W. de; PARFITT, J.M.B. Composição florística sazonal da vegetação de campo natural na região agroecológica Serra do Sudeste-RS. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

REIS, J.C.L.; ALFAYA, H.; SIQUEIRA, O.J.W.; FARIAS, C.B. Seasonal botanical composition and available forage of natural grasslands in the southeastern range region of Rio Grande do Sul, Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 56-57.

REIS, J.C. L.; VAHL, L.C; CASTILHOS, R.M.V.; LOVERA BRUYN, T. F. Determinação das limitações nutricionais do feijão-dos-arrozais (*Macroptilium lathyroides*) em Planossolo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais**. Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

REIS, J. C. L.; ALFAYA, H.; LÜDER, E. L.; PEDERZOLLI, E. M.; FLORES, E. M.; SILVA, J. B. Production of a grazed mixed cool season pasture fertilized with different phosphorus levels, in a lowland soil. 1. Year of establishment. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9. ; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003, Porto Alegre. **Proceedings**. Porto Alegre: WAAP, ALPA, SBZ, UFRGS, 2003a. 1 CD-ROM.

REIS, J. C. L.; ALFAYA, H.; LÜDER, E. L.; PEDERZOLLI, E. M.; FLORES, E. M.; SILVA, J. B. Production of a grazed mixed cool season pasture fertilized with different phosphorus levels, in a lowland soil. 2. Second growing season. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003, Porto Alegre. **Proceedings**. Porto Alegre: WAAP, ALPA, SBZ, UFRGS, 2003b. 1 CD-ROM.

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

ROSA, I.V.; HENRY, P.R.; AMMERMANN, C.B. Interrelationship of dietary phosphorus, aluminium and iron on performance and tissue mineral composition in lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, n. 5, p. 1231-1240, nov. 1982.

ROSITO, J.M. **Levantamento fitossociológico de uma pastagem perene de verão submetida à diferentes sistemas de manejo**. 1983. 181 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia – Forrageiras). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1983.

ROSSI, C.; FAQUIN, V.; CURI, N.; EVANGELISTA, A. R. Calagem e fontes de fósforo na produção do braquiário e níveis críticos de fósforo em amostras de Latossolo dos Campos das Vertentes (MG). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 1083-1089, nov./dez.1997.

SALOMONI, E.; BORBA, E.R.; DEL DUCA, L.O.A.; LEAL, J.J.B. Idade e peso à puberdade em fêmeas de corte puras e cruzas em campo natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 10, p. 1171-1179, out. 1988.

SALOMONI, E.; SILVEIRA, C.L.M. da. **Acasalamento de outono em bovinos de corte**: abrace esta idéia. Guaíba: Agropecuária, 1996. 152 p.

SANTOS, B.R.C. **Avaliação do fósforo no sistema solo-planta-animal sob condições de campo natural em diferentes épocas e três solos da região de Bagé-RS**. 1997. 93 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1997.

SANTOS, J.E.P. Importância da alimentação na reprodução da fêmea bovina. In: WORKSHOP SOBRE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1., 2000, Pelotas. **Anais**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 7-82 (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 76).

SCHMIDL, M.; von FORSTNER, R. Veterinär-medizinische Laboruntersuchungen für die Diagnose und Verlaufskontrolle. 3. Überarbeitete Auflage. Boehringer Mannheim GmbH. Mannheim, 1985. 251 p.

SCHROETER, M.M. Entwicklung einer Methode zur Bestimmung von Phytinsäure mittels Anionenaustausch-Chromatographie. Institute für Tierernährung der Justus-Liebig-Universität, Giessen, FRG. Diplomarbeit. 1990, 112 p.

SHIRLEY, R.L.; CARVALHO, J.H. Água como fonte de minerais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: UFMG/ UFV/ESAL/ EPAMIG/USAID, 1976. p. 34-50.

SIQUEIRA, A.A.; SIEWERDT, F.; ALFAYA, H.; SIEWERDT, L.; SALOMONI, E. Flutuação sazonal e efeitos de fatores climáticos sobre a produção e qualidade da forragem de campo nativo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais**. Maringá: SBZ, 1994. p. 319.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre:Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

SOUZA, A.G. **Evolução e produção animal da pastagem nativa sob pastejo contínuo e rotativo**. 1989. 192 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

SOUSA, J.C. de; CONRAD, W.G.; BLUE, W. G.; McDOWELL, L.R. Inter-relações entre minerais no solo, plantas, forrageiras e tecido animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 4, p. 387-395, out. 1979

STODDART, L.A.; SMITH, A.D.; BOX, T.W. **Range Management**. 3. ed. Nova York: Mac Graw-Hill, 1975. 532 p.

TENANT, D. A test for a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 63, p. 995-1001, 1995.

TERNOUTH, J. H. Endogenous losses of phosphorus by sheep. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 113, p. 291-297, 1989.

t'MANNETJE, L.; HAYDOCK, K.P. The dry weight rank method for the botanical analysis of pasture. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 4, p. 268-275, 1963.

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).

TOTHILL, J.C.; HARGREAVES, J.N.G.; JONES, R.M.. **Botanal - a comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition** 1. Field sampling. Brisbane, Division of Tropical Crops and Pastures, CSIRO, 1978, 20 p. (Tropical Agronomy Technical Memorandum, 8).

TRINDADE, D.S.; CAVALHEIRO, A.C.L. Concentração de fósforo, ferro e manganês em pastagens nativas do Rio Grande do Sul. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 45-57, jan/fev. 1990.

VAN NIEKERK, B.D.H.; SERRÃO, E.A.S. Identificação e suplementação de nutrientes limitantes de ruminantes em pastejo. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1976, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: UFMG/ UFV/ESAL/ EPAMIG/USAID, 1976. p. 334-344.

VILELA, H.; SILVA, J.F.C. da.; PAULINELLI, M.T.; VILELA, D.; SILVESTRE, J.R.A. Conteúdo em minerais das águas de superfície da bacia hidrográfica do Alto São Francisco do estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1987, Brasília. **Anais**. Brasília: SBZ, 1987. p.149.

VINCENZI, M.L. Fatores essenciais para o sucesso da sobre-semeadura de espécies de inverno em campos nativos e naturalizados. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE-SUL: ZONA CAMPOS, 17., 1998, Lages. **Anais**. Lages: Epagri/UDESC, 1998. p. 29-37.

WINTER, W.H.; COATES, D.B.; HENDRICKSEN, R.E.; KERRIDGE, P. C.; McLEAN, R.W.; MILLER, C.P. Phosphorus and beef production in Northern Australia. 4. The response of cattle to fertilizer and supplementary phosphorus. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 24, p. 170-184, 1990.

ZAMALVIDE, J. Fertilización de pasturas. In: REUNION DEL GRUPO TECNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACION DE LOS RECURSOS FORRAGEROS DEL AREA TROPICAL Y SUBTROPICAL: *GRUPO CAMPOS*, 19., 1994, Termas del Arapey. **Anales**. Montevideo: INIA Tacuarembó, 1998. p. 97-107. (INIA Tacuarembó. Serie Tecnica, 94).

APÊNDICES

Apêndice 1A - 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

Apêndice 2A - Datas das avaliações da composição florística da vegetação do campo natural.

Datas				
	1996		1997	
Áreas 1 e 2 (dia/mês)	11/10	12/12	11/03	30/05

Apêndice 3A - Quadro da análise da variação para a matéria seca disponível, para o conjunto das duas áreas.

Causas da variação	GL	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Área	1	8839618	8839618	15,89	0,0006
Época	11	41584961,34	3780451,03	21,11	<0,0001
Área * Época	11	9436549,40	857868,13	4,79	<0,0001
Rep. (Área)	22	12242350,84	556470,49	3,11	<0,0001
Resíduo	242	43347569,4	179122,2		
Total	287	115451048,9			

Média geral = 1579,56 kg/ha

C.V. = 26,79%

Apêndice 4A - Quadro da análise da variação para o crescimento da matéria seca, para o conjunto das duas áreas.

Causas da variação	GL	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Área	1	399885	399885	2,78	0,1093
Época	11	29890167,31	2717287,94	12,52	<0,0001
Área * Época	11	6748621,66	613511,06	2,83	0,0017
Rep. (Área)	22	3159249,66	143602,26	0,66	0,8744
Resíduo	242	52535036,65	2177086,93		
Total	287	92732960,04			

Média geral = 467,54

C.V. = 99,66

Apêndice 5A - Quadro da análise da variação para o teste de homogeneidade de regressão linear entre o fósforo no solo (P-s) e o fósforo na pastagem (P-p), ignorando os efeitos de época.

Variável dependente: fósforo na pastagem

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Área	1	0,05752604	0,05752604	48,30	<0,0001
P – s	1	0,00626970	0,00626970	5,26	0,0241
P – s * Área	1	0,00077017	0,00077017	0,65	0,4234
Resíduo	92	0,10958305	0,00119112		
Total	95	0,17414896			

Apêndice 6A - Quadro da análise da variação para o teste de homogeneidade de regressão linear entre o fósforo na pastagem (P-p) e o fósforo no animal (P-a), ignorando os efeitos de época.

Variável dependente: fósforo no animal

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Área	1	1,6712963	1,6712963	0,01	0,9261
P – p	1	705,4528323	705,4528323	3,72	0,0680

P – p * Área	1	77,0399015	77,0399015	0,41	0,5310
Resíduo	20	3791,331340	189,566567		
Total	23	4575,495370			

Apêndice 7A - Quadro da análise da variação para o teste de homogeneidade de regressão linear entre o fósforo no solo (P-s) e o fósforo no animal (P-a), ignorando os efeitos de época.

Variável dependente: fósforo no animal

Causas da variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Área	1	1,6712963	1,6712963	0,01	0,9241
P – s	1	627,5392035	627,5392035	3,50	0,0762
P – s * Área	1	356,0053772	356,0053772	1,98	0,1744
Resíduo	20	3590,279493	179,513975		
Total	23	4575,495370			