

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DINÂMICA VEGETACIONAL E TIPOS FUNCIONAIS EM ÁREAS  
EXCLUÍDAS E PASTEJADAS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES INICIAIS DE  
ADUBAÇÃO**

**ZÉLIA MARIA DE SOUZA CASTILHOS**

Engenheira Agrônoma (UFSM), Mestre em Agronomia (UFRGS)

Tese apresentada como um dos requisitos ao grau de Doutora em Zootecnia,  
área de concentração Plantas Forrageiras.

Porto Alegre, RS, Brasil

Junho, 2002



## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Valério De Patta Pillar pela orientação, estímulo e por ter proporcionado ambiente agradável e infraestrutura necessária para realização deste estudo.

Aos colegas José Pedro Trindade, Ênio Sosinsky Junior, Omara Lange e Telmo Focht, pela convivência profícua e harmoniosa.

A Professora Ilsi Boldrini, pelas sugestões e auxílio no levantamento da vegetação, e demais professores e colegas do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia.

Ao colega José Mário de Oliveira Freitas, pelo apoio e auxílio nas atividades de campo e demais colegas da equipe de Produção Animal da Fepagro.

Ao colega Henrique R. Branco do Amaral, pessoa sempre presente, providenciando o suporte necessário para o desenvolvimento de minhas atividades de pesquisa.

Meu reconhecimento às pessoas que me auxiliaram nas diversas fases do trabalho.

Aos meus filhos Lucas e Luiza e minha irmã Lúcia pelo apoio nos momentos difíceis.

# DINÂMICA VEGETACIONAL E TIPOS FUNCIONAIS EM ÁREAS EXCLUÍDAS E PASTEJADAS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES INICIAIS DE ADUBAÇÃO<sup>1</sup>

Autora: Zélia Maria de Souza Castilhos  
Orientador: Prof. Valério De Patta Pillar

## RESUMO

O entendimento da dinâmica vegetacional facilitará a tomada de decisão quanto ao tipo de manejo ou prática de melhoramento a ser adotada numa pastagem natural. Para descrição da vegetação são utilizadas espécies ou tipos funcionais. O uso de tipos funcionais promove melhor discernimento de padrões e processos que ocorrem no ecossistema. Este trabalho foi desenvolvido no Centro de Pesquisa de Forrageiras, da FEPAGRO, em São Gabriel, RS, numa área de pastagem natural, de janeiro de 1998 a dezembro de 2000, com os objetivos de estudar a dinâmica da vegetação e definir tipos funcionais para os ambientes avaliados. O delineamento experimental utilizado foi um fatorial completamente casualizado em parcela subdividida, com três repetições. Os tratamentos pastejo e exclusão foram alocados nas parcelas principais e os níveis de adubação ( com ou sem NPK) nas subparcelas. O pastejo foi realizado por bovinos, equinos e ovinos a partir de janeiro de 1998 e a adubação, anualmente, de fevereiro de 1994 a fevereiro de 1996. A exclusão iniciou em dezembro de 1996. Independente das condições iniciais, as trajetórias das áreas pastejadas, com ou sem adubação, foram convergentes, apresentando comunidades vegetais semelhantes. Nas áreas excluídas adubadas houve divergência, podendo estar relacionada à escala espacial utilizada. As espécies com maior cobertura nas áreas pastejadas são *Paspalum notatum*, *Chevreulia acuminata*, *Hypoxis decumbens* e *Eryngium nudicaule* e nas áreas excluídas do pastejo *Paspalum plicatulum*, *Melica eremophila*, *Orthopappus angustifolius*, *Eryngium horridum* e *Coelorachis selloana*. O pastejo é o fator determinante do tipo de comunidade vegetal resultante. Altura da planta, consistência e superfície ventral da lâmina foliar são atributos que melhor caracterizam os ambientes pastejados e excluídos.

-----  
<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (103p) Junho 2002.

# VEGETATION DYNAMICS AND FUNCTIONAL TYPES IN GRAZED AND UNGRAZED AREAS UNDER DIFFERENT INITIAL CONDITIONS OF FERTILIZATION<sup>1</sup>

Authoress: Zélia Maria de Souza Castilhos

Adviser: Valério De Patta Pillar

## ABSTRACT

The understanding of vegetation dynamics are important to native pasture management and improvement decisions. Vegetation can be described through species or plant functional types. The use of plant functional type is more adequate to distinguish ecological patterns and processes. This study was carried out at the research station of FEPAGRO, São Gabriel, RS, using an area of native pasture, from January 1998 to December 2000. The objectives of this work were to study the vegetation dynamics and to define the plant functional types to the particular assessed environment. The experiment design was split-plot arranged in randomized blocks, with three replications. The treatments, grazed and not grazed areas, were allocated to the main plots and different fertilization levels (with and without NPK) were allocated to the subplots. Plots were grazed by cattle, horse and sheep from January 1998 and the fertilizer was applied annually from February 1994 to February 1996. The ungrazed plots were excluded from grazing in December 1996. Independent to the initial conditions, the grazing areas, with and without fertiliser, were convergent developing to a similar vegetation community. In areas excluded from grazing and fertilized the vegetation community showed to be divergent. It can be related to the spatial scale used. Species with higher cover values in the grazing plots were *Paspalum notatum*, *Chevreulia acuminata*, *Hypoxis decumbens* and *Eryngium nudicaule*; and in plots excluded from grazing were *Paspalum plicatulum*, *Melica eremophila*, *Orthopappus angustifolius*, *Eryngium horridum* e *Coelorachis seloana*. Grazing determine the kind of vegetation community. Plant height, consistency and adaxial surface of the leaf lamina are characteristics that represent the grazed and ungrazed environments.

---

<sup>1</sup> Doctoral thesis in Forage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (103p) June 2002.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	1
1.1. INTRODUÇÃO .....	1
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.2.1. O estudo da dinâmica vegetacional .....	3
1.2.2. Pastejo e adubação como modificadores da estrutura e composição da comunidade vegetal .....	10
1.2.3. Tipos funcionais: taxonomia alternativa para estudo de vegetação .	17
2. DINÂMICA VEGETACIONAL DE ÁREAS EXCLUÍDAS E PASTEJADAS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES INICIAIS DE ADUBAÇÃO .....	25
2.1. INTRODUÇÃO .....	25
2.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
2.4. CONCLUSÕES.....	48
3. RESPOSTAS AO PASTEJO OU EXCLUSÃO PODEM SER CARACTERIZADAS POR TIPOS FUNCIONAIS? .....	49
3.1. INTRODUÇÃO .....	49
3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	53
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	64
3.4. CONCLUSÕES .....	70
4. CONCLUSÕES GERAIS.....	71
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	72
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
7. APÊNDICES .....	88

## RELAÇÃO DE TABELAS

Página

### CAPÍTULO II

TABELA 1. Escala de abundância e cobertura (Braun-Blanquet modificada por Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). .....	34
TABELA 2. Análise de variância multivariada com testes de aleatorização avaliando efeitos dos tratamentos excluído com adubo ( EC), excluído sem adubo (ES), pastejo com adubo (PC) e pastejo sem adubo (PS) na composição florística, no primeiro ano de avaliação (1998). A análise utilizou distâncias de corda entre unidades experimentais calculadas com a cobertura das espécies identificadas. ....	44
TABELA 3. Análise de variância multivariada com testes de aleatorização avaliando efeitos dos tratamentos excluído com adubo ( EC), excluído sem adubo (ES), pastejo com adubo (PC) e pastejo sem adubo (PS) na composição florística, no segundo ano de avaliação (1999). A análise utilizou distâncias de corda entre unidades experimentais calculadas com a cobertura das espécies identificadas. ....	45
TABELA 4. Análise de variância multivariada com testes de aleatorização avaliando efeitos dos tratamentos excluído com adubo ( EC), excluído sem adubo (ES), pastejo com adubo (PC) e pastejo sem adubo (PS) na composição florística, no terceiro ano de avaliação (2000). A análise utilizou distâncias de corda entre unidades experimentais calculadas com a cobertura das espécies identificadas. ....	45
TABELA 5. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições no tratamento excluído com adubo, nos anos 1998 e 2000. ....	46
TABELA 6. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições no tratamento excluído sem adubo, nos anos 1998 e 2000. ....	46
TABELA 7. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições no tratamento pastejo com adubo, nos anos 1998 e 2000. ....	47
TABELA 8. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições no tratamento pastejo sem adubo, nos anos 1998 e 2000. ....	47

TABELA 9. Número de espécies nos tratamentos: pastejo com adubo (PC), pastejo sem adubo (PS), excluído com adubo (EC) e excluído sem adubo (ES) em uma pastagem natural, nos anos 1998 e 2000, São Gabriel, RS. Média de três repetições. ....	48
--	----

### CAPÍTULO III

TABELA 1. Caracteres utilizados na descrição da vegetação de áreas excluídas e pastejadas, com e sem adubação, em uma pastagem natural, em São Gabriel, RS. ....	61
TABELA 2. Características químicas do solo nas três repetições (1,2,3) dos tratamentos: excluído com (EC) e sem (ES) adubação; pastejo com (PC) e sem (PS) adubação numa área de pastagem natural, no Centro de Pesquisa de Forrageiras da Fepagro, em São Gabriel, RS. Amostragem de solo realizada em dezembro de 2000 numa profundidade de 0 a 3 cm. ....	62
TABELA 3. Correspondência das escalas de abundância e cobertura da escala de Braun-Blanquet e escala de van der Maarel e percentagem de cobertura, conforme Tuxen-Ellenberg.....	63
TABELA 4. Teste de aleatorização avaliando efeito do fator pastejo utilizando como descritores das comunidades os grupos de tipos funcionais definidos pelo suconjunto de atributos <b>ap</b> , <b>cl</b> e <b>sv</b> .....	70



## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO II	
FIGURA 1. Vista da fisionomia do tratamento pastejo. São Gabriel, dez/2000. ....	32
FIGURA 2. Vista da fisionomia do tratamento exclusão. São Gabriel, dez/2000. ....	32
FIGURA 3. Detalhe da área excluída. São Gabriel, dezembro 2000. ....	33
FIGURA 4. Detalhe dos quadros, na parcela pastejada, por ocasião do levantamento de dezembro de 2000, São Gabriel, RS. ....	34
FIGURA 5. Diagrama de ordenação, por Coordenadas Principais com base nas variáveis de solo (P= fósforo; K= potássio; Al= alumínio; pH; Mg= magnésio; Cte= CTC efetiva; Sb= saturação de bases): em A) dos tratamentos pastejo sem adubo (ps) e pastejo com adubo (pc); em B) dos tratamentos excluído sem adubo (es) e excluído com adubo (ec). A medida de semelhança utilizada foi a distância euclidiana entre unidades amostrais. Eixo I e II representam 79,3% da variação total dos dados. As trajetórias das três repetições nos três anos estão indicadas: o primeiro número representa a repetição e o segundo refere-se ao ano de amostragem ( 1= 1998, 2= 1999 e 3= 2000). As variáveis de solo estão dispostos no plano de ordenação, de acordo com suas correlações com os eixos I e II. As variáveis de solo com correlações > 0,4 com pelo menos um dos eixos encontram-se no espaço de ordenação. Amostragem do solo de 0-3 cm de profundidade. São Gabriel, RS. ....	38
FIGURA 6. Diagrama de ordenação, por Coordenadas Principais com base nos dados de composição florística (52 espécies), dos tratamentos pastejo com adubação (pc) e excluído com adubação (ec). A medida de semelhança utilizada foi a distância de corda entre unidades experimentais. Eixo I e II representam 43,1% da variação total dos dados. As trajetórias das três repetições nos três anos estão indicadas: o primeiro número representa a repetição e o segundo refere-se ao ano de levantamento ( 1= 1998, 2= 1999 e 3= 2000). As espécies estão dispostas no plano de ordenação, de acordo com suas correlações com os eixos I e II. Apenas espécies com correlações > 0,4 com pelo menos um dos eixos estão indicadas, segundo a	

legenda: Lomu= *Lolium multiflorum*, Mahe= *Macroptilium heterophyllum*, Caso= *Carex sororia*, Cose= *Coelorachis selloana*, Ernu= *Eryngium nudicaule*, Hyde= *Hypoxis decumbens*, Or= *Orthopappus angustifolius*, Meer= *Melica eremophila*, Papl= *Paspalum plicatulum*, Erho= *Eryngium horridum*, Chac= *Chevreulia acuminata*, Pano= *Paspalum notatum*. São Gabriel, RS..... 40

FIGURA 7. Diagrama de ordenação, por Coordenadas Principais com base nos dados de composição florística (52 espécies), dos tratamentos excluído sem adubação (es) e pastejo sem adubação (ps). A medida de semelhança utilizada foi a distância de corda entre unidades amostrais. Eixo I e II representam 43,1% da variação total dos dados. As trajetórias das três repetições nos três anos estão indicadas: o primeiro número representa a repetição e o segundo refere-se ao ano de levantamento ( 1= 1998, 2= 1999 e 3= 2000). As espécies estão dispostas no plano de ordenação, de acordo com suas correlações com os eixos I e II. Apenas espécies com correlações > 0,4 com pelo menos um dos eixos estão indicadas, segundo a legenda: Lomu= *Lolium multiflorum*, Mahe= *Macroptilium heterophyllum*, Caso= *Carex sororia*, Cose= *Coelorachis selloana*, Ernu= *Eryngium nudicaule*, Hyde= *Hypoxis decumbens*, Or= *Orthopappus angustifolius*, Meer= *Melica eremophila*, Papl= *Paspalum plicatulum*, Erho= *Eryngium horridum*, Chac= *Chevreulia acuminata*, Pano= *Paspalum notatum*. São Gabriel, RS..... 42

FIGURA 8. Suficiência amostral e significância de eixos de ordenação em um conjunto de dados com 36 unidades amostrais e 52 variáveis. Ordenação por coordenadas principais. Probabilidades obtidas após 1000 iterações de reamostragem *bootstrap*. O eixo horizontal representa tamanhos crescentes de amostra..... 43

### CAPÍTULO III

FIGURA 1. Perfil da congruência máxima  $\rho(\mathbf{D};\Delta)$  entre as matrizes de distância ( $\mathbf{D}$ ) com base na vegetação e matriz de distância ( $\Delta$ ) com base nos níveis de pastejo, com grupos de tipos funcionais nítidos. No eixo horizontal apresenta-se o conjunto de atributos considerados cumulativamente da direita para a esquerda. O número ótimo, respectivamente, de grupo de tipos funcionais, da direita para a esquerda, é: 2, 6 e 11..... 66

FIGURA 2. Análise de Coordenadas Principais baseada em distância de corda para unidades amostrais de uma pastagem natural de São Gabriel, RS, pastejadas (1) e excluídas (0), descritas por grupos de tipos funcionais (crisp) baseados no conjunto de atributos (altura da planta, consistência da lâmina foliar e superfície ventral da lâmina foliar). Grupos de tipos funcionais (c1; c2; c4; c6; c7; c8; c10; c11) com correlações mais altas ( $|r| > 0.5$ ) com os dois componentes principais estão indicadas no espaço de ordenação. São Gabriel, RS..... 68

FIGURA 3. Significância do eixo 1 para a escala de 12 unidades amostrais, considerando um  $\alpha = 0,1$ , após 1000 iterações de reamostragem *bootstrap*. O eixo horizontal representa tamanhos crescentes de amostragem..... 69

## **1. INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1. INTRODUÇÃO**

A sustentabilidade dos sistemas de produção, tendo como base a pastagem natural, depende da nossa habilidade para prever as consequências das atividades de manejo utilizadas. Para tanto, é fundamental o conhecimento de padrões e processos de mudança da vegetação, para gerar modelos preditivos de dinâmica vegetacional.

O desenvolvimento de trabalhos com uma abordagem analítica explicativa, aos fatores estudados, gera informações que ao serem trabalhadas conjuntamente por pesquisadores experientes poderão compor modelos que se constituirão em ferramentas bastante úteis no gerenciamento das atividades em sistemas de produção agropecuários. Maiores avanços, bem como otimização no uso de recursos humanos e financeiros, serão obtidos através da atividade de equipes interdisciplinares e interinstitucionais.

Maior atenção deve ser dada à escala espacial ou temporal considerada nos estudos, pois é um fator que pode gerar conclusões divergentes em algumas situações.

Há evidência indicando que a vegetação campestre do Estado é mantida sob condições de pastejo e que quando excluída tende a uma vegetação arbustiva. Condições iniciais, como níveis de adubação, afetariam

esse processo? Melhor fertilidade do solo retardaria ou aceleraria o desenvolvimento de vegetação arbustiva?

Tendo em vista essas questões, desenvolveu-se um trabalho de pesquisa com o objetivo de avaliar a dinâmica vegetacional de áreas excluídas e pastejadas sob diferentes condições iniciais de adubação. Trabalhou-se com a hipótese de que diferentes condições iniciais de adubação, combinadas com pastejo ou exclusão, determinam trajetórias diferenciadas da dinâmica vegetacional.

O uso de tipos funcionais como taxonomia alternativa em estudos de dinâmica de vegetação frente a fatores de estresse e distúrbio, é uma ferramenta útil quando o objetivo é caracterizar a estrutura da comunidade vegetal. Estes são definidos por atributos com maior associação com as variáveis ambientais consideradas. Sendo assim, neste estudo também avaliamos a correlação de atributos morfológicos e variáveis ambientais (pastejo, exclusão e adubação), bem como definimos os tipos funcionais ótimos para descrição da vegetação desses ambientes.

A presente tese está estruturada na forma de três capítulos. Após a introdução e revisão bibliográfica geral que constituem o capítulo um, são apresentados os artigos que compõem o segundo e o terceiro capítulos. O segundo capítulo tratará de dinâmica vegetacional e o terceiro de tipos funcionais.

## **1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1.2.1. O estudo da dinâmica vegetacional**

Custos de produção, segurança alimentar, sustentabilidade, aquecimento ambiental, além da manutenção e recuperação da fertilidade do solo, estão a exigir a adoção de sistemas de produção menos intensivos baseados, principalmente, nos recursos naturais (Leaver & Weissbach, 1993; Bligh, 1996; Botero, 2000; Duru & Hubert, 2001).

Considerando-se somente a eficiência energética como critério para avaliar a sustentabilidade dos agroecossistemas, parece evidente que o sistema de produção animal mais eficiente é o desenvolvido sobre pastagens naturais, cuja entrada de energia é praticamente nula (Kozloski & Ciocca, 2000). Além disso, o aumento na captura de gases causadores do efeito estufa pelas pastagens, pode ter um impacto de grande importância na diminuição da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera (Botero, 2000).

A vegetação campestre do Rio Grande do Sul, que se estende por 10 milhões de hectares (IBGE, 1996), com sua grande diversidade florística, conforme clima e solo predominantes, apresenta um grande potencial para atender às questões acima levantadas.

Em regiões do estado do Rio Grande do Sul com balanço hídrico positivo houve o desenvolvimento de florestas. Por outro lado, solos rasos, sujeitos a déficits hídricos e com menor fertilidade favoreceram o desenvolvimento de vegetação herbácea, com uma diversidade florística fortemente influenciada pelas temperaturas predominantes. Isso determinou uma característica peculiar da flora refletida na associação de espécies C3 e

C4. Há predominância de gramíneas e uma baixa presença e contribuição de leguminosas (Klein, 1984; Moraes *et al.*, 1995), com cerca de 400 espécies de gramíneas e 150 de leguminosas (Boldrini, 1997). Do ponto de vista funcional, esta pastagem apresenta uma alta variabilidade de produtividade, tanto espacial como temporal.

A intensificação e o aumento de áreas de agricultura têm ocasionado o desaparecimento local de espécies como *Paspalum modestum*, *Leersia hexandra* e *Panicum sabulorum*. Nos banhados que foram drenados desapareceram espécies de *Paspalum* do grupo Quadrifaria e espécies de *Panicum* do grupo Laxa, as quais têm importância em estudos na área de melhoramento (Barreto & Boldrini, 1990). Além disso, existe um total de 33 espécies, entre gramíneas e leguminosas, ameaçadas de extinção (Baptista & Longhi-Wagner, 1998).

A forma de uso dessas pastagens, baseada em alta lotação, está associada a fatores culturais e econômicos. Os baixos índices de produtividade da pecuária, no sul do Brasil, são um reflexo do manejo adotado. As práticas de manejo usuais, aliadas ao clima, determinam uma forte estacionalidade da produção da pastagem natural. A expressão do potencial de produção é inibida pelo uso inadequado, pois trabalhos desenvolvidos demonstram que a produtividade animal nesta pastagem pode ser triplicada (Maraschin, 2001). Para reverter essa situação é necessária a utilização de práticas de manejo e melhoramento, as quais devem ser direcionadas para beneficiar o desenvolvimento de comunidades vegetais desejáveis do ponto de vista forrageiro e eliminar as indesejáveis (Pillar *et al.*, 1992; Dürr *et al.*, 1993). Para

que isso seja obtido com êxito é fundamental o conhecimento da ecologia da vegetação. O entendimento da dinâmica vegetacional facilitará a tomada de decisão com relação ao tipo de manejo ou prática de melhoramento a ser adotada numa determinada comunidade vegetal com vistas a maior produtividade e sustentabilidade.

Existem diversas teorias sobre sucessão vegetal. Clements (1928) conceitua sucessão como um processo altamente ordenado e previsível, no qual mudanças na vegetação representam a história de vida de uma comunidade vegetal. A partir de diferentes pontos de partida, como tipo de substrato e distúrbio, as comunidades tenderiam a convergir através de sucessão em direção a uma vegetação clímax com características unicamente definidas pelo clima regional. O clímax seria um estado estável onde a vegetação estaria em equilíbrio com o clima presente. Trabalhos desenvolvidos por Pott (1974) e Gonçalves et al. (1990) seguem essa filosofia. Segundo esses pesquisadores em áreas excluídas há a predominância de espécies grosseiras, onde a tendência é um retorno à vegetação clímax da região.

Gleason (1926) e Tansley (1935) criticam as idéias de Clements. Segundo Gleason a comunidade vegetal não tem o grau de integração defendido por Clements, pois as espécies têm um comportamento individualista e dependente do acaso. Comunidades para Gleason seriam fundamentalmente o resultado da sobreposição da distribuição de espécies com tolerâncias ambientais semelhantes. Para Tansley, fatores locais como rocha de origem e posição topográfica podem determinar o desenvolvimento de vegetação diferente daquela associada com o clima regional. Pillar et al. (1992) e Boldrini



(1993) observaram que variações na comunidade vegetal estavam associadas a fatores de ambiente, como posição no relevo e umidade do solo. A abundância e cobertura de *Andropogon lateralis* aumentou com o incremento de umidade e rejeição pelo animal, enquanto *Aristida filifolia*, *Eryngium horridum*, *Evolvulus sericeus*, *Hypoxis decumbens*, *Oxalis brasiliensis* e *Setaria geniculata* diminuíram com o aumento de umidade.

Segundo Margalef (1968), sucessão representa um incremento de informação em um ecossistema, partindo de ecossistemas mais simples para mais complexos, com um maior número de níveis tróficos e maior diversidade de espécies e formas vitais. Da mesma forma, para Odum (1969) o processo de sucessão converge para um sistema com máxima biomassa e diversidade.

A visão determinista e holística, associada a Clements, Margalef e Odum é criticada por Glenn-Lewin et al. (1992), pois representa mais uma filosofia de como a natureza pode ser do que uma teoria derivada de dados empíricos e testados pela experimentação. O equilíbrio entre vegetação e clima dificilmente é atingido, pois o tempo necessário para que isso ocorra pode ser muito longo. Dessa forma, a direção do processo de sucessão pode ser continuamente modificada por alterações climáticas e ocorrência de distúrbios freqüentes.

A partir da década de 70, os estudos de sucessão buscam compreender causas próximas de mudanças na vegetação e assumem um paradigma de não equilíbrio frente a condições de ambiente. Na visão contemporânea da dinâmica da vegetação dá-se ênfase à observação de distúrbios freqüentes e de variação contínua da vegetação em várias escalas

de tempo e espaço (Glenn-Lewin et al.,1992). Palmer (1988) considera vegetação um fractal porque ela exhibe variação sobre um *continuum* de escalas. Anand (1997) inclui determinismo e caos como componentes fundamentais da dinâmica da vegetação. Segundo ela, a dinâmica é melhor descrita como caos determinístico. Orlóci (2000) denomina este processo de sindinâmica, o qual é constituído de duas fases, uma inicial linear e outra não linear complexa. Em dada escala, o processo pode parecer consistentemente linear em alguns locais e completamente aleatório em outros (Anand & Hek, 2000). A descoberta do caos tem sido uma das maiores revoluções intelectuais dos últimos tempos. O fato dos sistemas caóticos apresentarem extrema sensibilidade às condições iniciais indica que trajetórias dinâmicas, as quais começam muito próximas, divergirão com o tempo (Crawley, 1986). Para Prigogine (1996), não é possível prever qual dos regimes de atividades esse sistema irá escolher, mesmo que conheçamos o estado inicial do sistema, e suas condições.

Diversidade de espécies está positivamente associada com estabilidade de composição de espécies em comunidades de plantas, indicando a importância da biodiversidade na estabilização de sistemas ecológicos frente a perturbações climáticas. A possível contribuição do padrão de diversidade para a estabilidade ecológica tem implicações no manejo de ecossistemas naturais e modificados (Frank & McNaughton, 1991). Flutuações na abundância de espécies com diferentes estratégias adaptativas podem ser um mecanismo de estabilização funcional da comunidade em ambiente variável (McNaughton, 1977; Leps et al., 1982). Variações ocorrem porque a flora

contém espécies com uma grande variedade de estratégias ecológicas, adaptadas para explorar diferentes nichos espaço-temporais (Miles, 1979). A vegetação apresenta múltiplos estados estáveis. A condição inicial de estabilidade da comunidade vegetal é um aspecto que deve ser observado, pois se a vegetação apresentar um estado estável altamente resistente à variação após distúrbios, não haverá respostas ao manejo adotado (Laycock, 1991). A habilidade em detectar mudanças em resposta a alterações de clima ou recursos depende não somente da magnitude dessas como também da natureza da comunidade que está sendo estudada (Inouye & Tilman, 1995). Para Archer (1996) medidas de estabilidade e equilíbrio são artefatos de escala espacial e temporal. Estado de equilíbrio pode ocorrer a certas escalas e conter desequilíbrio em escalas menores.

O balanço entre competição, estresse e distúrbio é o maior determinante da estrutura de vegetação e composição de espécies em determinado local (McIvor, 1993). A relação entre distúrbio e riqueza de espécies tem importantes implicações para a estrutura, composição e dinâmica da comunidade. Distúrbio pode criar condições necessárias para aumentar a riqueza, mas o aumento ocorre em resposta a mecanismos tais como, dispersão de sementes ou germinação (Collins et al., 1995). Diferentes sítios apresentam respostas distintas com relação a distúrbios provocados por pastejo ou fogo (Friedel, 1991). Para Pillar & Quadros (1997), interações entre disponibilidade de água com cobertura vegetal ocorrente, fogo e pastejo explicam os padrões de vegetação e limites entre campo e floresta que ocorrem no Rio Grande do Sul. Segundo Grime (1983), em regiões onde o solo

e clima conduzem à alta produtividade, existe uma forte tendência a uma vegetação sem distúrbio tornar-se dominada por árvores.

A convergência ou divergência em dinâmica da vegetação, a qual reflete o grau de similaridade ou de dissimilaridade entre comunidades vegetais, depende das condições ambientais e de manejo, da riqueza de espécies e da escala temporal e espacial utilizada (Facelli & D'Angela, 1990; Leps & Rejmanek, 1991; Inouye & Tilman, 1995). Em áreas sem distúrbio, a baixa similaridade entre repetições é o resultado da maior riqueza de espécies e o menor tamanho da parcela no campo. As mudanças são muito mais rápidas e previsíveis onde a riqueza de espécies e a heterogeneidade das parcelas são menores (Inouye & Tilman, 1995). A divergência entre quadros permanentes em área de exclusão, detectada por Boldrini e Eggers (1997), foi atribuída ao tamanho da unidade amostral. Isto porque a área de 0,25m<sup>2</sup>, muitas vezes, era ocupada por grandes touceiras, diminuindo a riqueza de espécies.

A estrutura da vegetação é complexa e sua variação no tempo e no espaço é determinada pela multiplicidade de fatores complexos cujos efeitos e interações são freqüentemente pouco entendidos (Poore, 1962). A complexidade dos sistemas naturais determina um comportamento não linear de respostas às mais variadas interações. Por esta razão, a análise de dados pela estatística convencional fischeriana, a qual presuppõe uma distribuição normal onde as respostas são lineares, nem sempre detectará algum padrão de variação (Orlóci, 1993). Padrões de distribuição e associação no espaço abstrato são detectados através de análises multivariadas de classificação e

ordenação (Friedel, 1991; Pillar, 1998). A base dos métodos de análise multivariada são medidas de semelhança, que avaliam objetivamente a similaridade ou dissimilaridade de um par de comunidades. Métodos de ordenação permitem obter uma síntese da variação observada em um espaço geométrico, abstrato, multidimensional, no qual os dados ecológicos podem ser representados. A síntese obtida pode ser visualizada em diagramas de dispersão. Para testarmos se as tendências de variação observadas através da ordenação, se manterão ao se repetir o levantamento no mesmo universo amostral, são utilizadas probabilidades geradas através de reamostragem *bootstrap* (Pillar, 1999c). A significância dos eixos de ordenação só poderá ser testada se houver suficiência amostral.

### **1.2.2. Pastejo e adubação como modificadores da estrutura e composição da comunidade vegetal**

A história de distúrbio em determinado local tem importantes implicações nas taxas e padrões de sucessão (Denslow, 1993). O distúrbio é a maior fonte de heterogeneidade espacial e temporal na estrutura e dinâmica de comunidades e o agente de seleção natural na história evolutiva de espécies (Sousa, 1984). Em pastagens, a forma mais comum de distúrbio é a alta pressão de pastejo (McIvor, 1993). O principal efeito do pastejo e da variação de sua intensidade é a perturbação provocada pelo pisoteio ou pela remoção do material verde que abre espaços na comunidade vegetal, permitindo a colonização e o estabelecimento de diferentes espécies (Pandey & Singh, 1991). Pastejo é mais que desfolhação, pois os grandes herbívoros

pastejadores alteram o balanço de energia na superfície do solo, criam diferentes níveis de distúrbio, impactam a colonização de plantas, removem e redistribuem nutrientes e influenciam interações com outras classes de animais (Trlica & Rittenhouse, 1993).

As plantas apresentam estratégias de resistência ao pastejo, por meio de mecanismos de escape ou tolerância (Briske, 1996). Escape ao pastejo compreende atributos de arquitetura, impedimentos mecânicos e compostos bioquímicos que reduzem a acessibilidade e a palatabilidade dos vegetais. Tolerância ao pastejo é baseada na disponibilidade de meristemas residuais e de processos fisiológicos capazes de promoverem o crescimento após a desfolhação. A expressão de um ou outro mecanismo de resistência ao pastejo dependerá do grau de plasticidade da planta.

Segundo Chapman & Lemaire (1993), as respostas das plantas à desfolhação ocorrem em dois níveis: fisiológicos e morfológicos. Respostas fisiológicas ocorrem, geralmente, em curta escala de tempo, enquanto respostas morfológicas são consideradas de longo prazo. A extensão na qual as respostas morfológicas e fisiológicas influenciam as características de produção da pastagem depende do regime de desfolhação e do balanço obtido entre o fornecimento e demanda de recursos de crescimento pelas plantas. Portanto, as plantas apresentam plasticidade fenotípica com manifestações morfológicas e fisiológicas. Essa plasticidade pode influenciar a estrutura e os padrões de rebrote de uma pastagem sob pastejo.

Espécies dominantes no estágio final de sucessão dependem mais dos mecanismos de tolerância ao pastejo que espécies no estágio inicial ou

intermediário, porque atributos de tolerância estão intimamente correlacionados com estratégia de competição (Briske, 1996). A estratégia de competição, segundo Grime (1977), ocorre em situação de baixo estresse e baixo distúrbio. Na ausência de distúrbio, existe uma tendência de espécies dominantes monopolizarem a captura de recursos e dirigir a comunidade à monocultura. Na ocorrência de distúrbio há uma redução temporária das espécies dominantes e maior expressão das menos dominantes, gerando diversidade (Miles, 1979), o que pode explicar a ocorrência de maior riqueza florística em situações de pastejo moderado. Dependendo do tempo decorrido, o contrário pode ocorrer em áreas de exclusão do pastejo.

Combinações de variáveis morfogênicas (tamanho da folha, densidade de afilhos e número de folhas vivas por afilho) que compõem o índice de área foliar definem as características estruturais das pastagens (Chapman & Lemaire, 1993). Se a pastagem é pastejada continuamente, por longo período, não pode depender de reservas vegetais, pois estas não são restabelecidas devido ao baixo índice de área foliar. As plantas sofrem alteração em sua morfologia, passando a produzir um maior número de hastes de menor tamanho e folhas menores (Parsons et al., 1983; Nabinger, 1997). Boggiano (2000) avaliou o efeito de diferentes ofertas de forragem e níveis de nitrogênio em uma pastagem natural da Depressão Central do Rio Grande do Sul e atribuiu à alta oferta de forragem e ao alto nível de nitrogênio aplicado o fato das plantas apresentarem menor número e peso de afilhos e maior comprimento de folhas. Nessa condição, *Paspalum notatum* foi mais eficiente que as leguminosas na captação da luz solar, por possuir afilhos mais altos e

maior índice de área foliar. Maior comprimento de folha de *Paspalum notatum* e *Coelbrachis selloana*, nas maiores ofertas de forragem, também foi observado em trabalho conduzido por Eggers (1999).

O pastejo constitui-se na melhor ferramenta para manipular a competição por luz numa pastagem (Nabinger, 1998). O regime de desfolha é a variável mais importante na determinação da resposta das plantas ao pastejo. É definido pela intensidade e freqüência de desfolhação e controlado pela pressão de pastejo. A pressão de pastejo, por sua vez, afeta a seletividade animal. Pastejo seletivo influencia a taxa, a direção e a magnitude da sucessão ecológica, porque a habilidade competitiva das plantas individuais é alterada pela freqüência e severidade de desfolhação (Heitschmidt & Walker, 1997). O arranjo das estruturas fotossintéticas em comunidades é alterado pelo pastejo, com conseqüências em várias escalas. Áreas pastejadas tendem a ser ocupadas, principalmente, por plantas que crescem horizontalmente, enquanto que nas não pastejadas as plantas apresentam desenvolvimento vertical (Gomez Sal et al., 1986). Com pastejo intenso, a planta modifica seu hábito, tornando-se mais prostrada (Jaramilho & Detling, 1988; Diaz et al., 1992; Matches, 1992). Em trabalho de Boldrini (1993) diferentes pressões de pastejo provocaram diferenças na estrutura da vegetação. As espécies estoloníferas e as anuais reduziram sua cobertura e freqüência em pressões de pastejo mais leves. O inverso ocorreu com as cespitosas e as caméfitas. Em áreas de pastejo intenso houve convergência para uma composição caracterizada por gramíneas de porte baixo, tais como *Paspalum notatum* em locais mais secos e *Axonopus affinis* nos locais mais úmidos. Neste caso, o pastejo foi um fator



determinante da homogeneidade (Boldrini et al., 2002). Gonçalves & Girardi-Deiro (1986) também constataram redução na cobertura de espécies estoloníferas, como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* e *Desmodium incanum* com carga animal baixa.

Os efeitos da herbivoria são governados pelas interações entre o ambiente e a planta afetada. Respostas das plantas variam de acordo com as condições bióticas e abióticas prevalentes (Maschinski & Whitham, 1989). Biondini *et al.* (1998) concluíram que variações climáticas, tais como secas, afetam mais a composição das espécies que o pastejo. Vegetação em área pastejada é muito mais susceptível a alterações causadas por estresse por umidade que em áreas não pastejadas (Allen et al., 1995). Variações ocorridas em uma comunidade vegetal, no Uruguai, durante um período de 55 anos foram atribuídas ao regime de pastejo adotado (Altesor et al., 1998).

A exclusão de áreas conduz a variações na estrutura da comunidade vegetal, afetando tanto riqueza como cobertura de espécies (Belsky, 1992). Na Nova Zelândia, após um período de 6 anos de exclusão de pastejo, foram observadas variações na estrutura e composição da vegetação, indicando que a presença de ovinos e caprinos é que mantém aquela comunidade vegetal. Allen et al. (1995) constataram aumentos de gramíneas perenes em áreas de exclusão. No Uruguai, gramíneas perenes de estação quente decresceram com a exclusão, enquanto que as de estação fria aumentaram (Altesor et al., 2002). Em situação semelhante, Boldrini & Eggers (1996) observaram uma diminuição na riqueza florística e aumento da cobertura vegetal, com substituição de plantas de hábito rizomatoso e

estolonífero por plantas cespitosas. Em Bagé em uma área de pastagem natural excluída do pastejo por cinco anos, houve uma profunda modificação na composição do estrato inferior da vegetação, com diminuição acentuada das espécies forrageiras (Gonçalves *et al.*, 1990).

As comunidades de plantas podem ser avaliadas em várias escalas hierárquicas, possuindo características espaciais e temporais próprias. Escalas menores (afilhos e plantas) contribuem para a definição da estrutura em escalas maiores (populações e comunidades). É essencial que as diversas escalas hierárquicas sejam avaliadas simultaneamente para que haja uma interpretação mais acurada de respostas da planta e vegetação ao pastejo (Briske & Richards, 1995). Essa questão é de extrema importância tendo em vista que, na formulação de modelos preditivos, uma série de fatores devem ser considerados para posterior validação. Por ser uma abordagem extremamente complexa, o sucesso na obtenção do volume de informações requerido será obtido mediante o desenvolvimento de trabalhos com equipes interdisciplinares .

A maioria dos solos do Rio Grande do Sul apresenta elevada acidez e baixos níveis de fósforo disponível. Dependendo do interesse do momento, é possível modificar a composição da pastagem pela aplicação seletiva de adubos. Tipo e quantidade de N e aplicação de P e K afetam a riqueza de espécies. O nitrogênio é o nutriente que mais altera esta condição (Crawley, 1986). Em trabalho conduzido por Mountford *et al.* (1996) com aplicação de diferentes níveis de nitrogênio, foi constatado que após três anos da aplicação ainda havia menor riqueza de espécies naquelas áreas. As gramíneas são

favorecidas pela aplicação de nitrogênio devido às suas maiores taxas de crescimento em detrimento das leguminosas (Gomes, 1996; Boggiano, 2000). A maior frequência de uso de adubação em pastagem natural no sul do Brasil tem sido no seu melhoramento mediante a sobressemeadura de espécies cultivadas hibernais. Espécies de interesse forrageiro, como *Paspalum notatum*, *Desmodium incanum*, *Coelorachis selloana*, *Paspalum urvillei* e *Paspalum nicorae* são favorecidas pela adubação com NPK (Castilhos & Jacques, 1984; Moojen, 1991; Dürr *et al.*, 1993; Gomes, 1996; Boggiano *et al.*, 1998; Castilhos & Pillar, 1999; Heringer, 2000).

Após a aplicação de adubos ocorre uma alteração na morfologia das gramíneas e dicotiledôneas (Calvière & Duru, 1999). Lenta modificação na vegetação é observada em locais com alta fertilidade do solo e pouca entrada de novas espécies do banco de sementes. Com pastejo mais intenso, formam-se espaços na comunidade vegetal favorecendo o aumento das dicotiledôneas devido à sua alta produção de sementes (Bullock *et al.*, 1994). Os autores relatam trabalhos onde a adubação resultou em uma vegetação densa, dominada por poucas gramíneas. Sugerem que, para aumentar a diversidade de tais pastagens melhoradas, deve ser suspensa a adubação e a área pastejada. Espécies que apresentam bom desenvolvimento em condições de deficiência de nutrientes são aquelas que reduzem as perdas por herbivoria através de defesas morfológicas ou químicas. Estas espécies apresentam baixa palatabilidade (Chapin III & McNaughton, 1989).

### **1.2.3. Tipos funcionais: taxonomia alternativa para estudo de vegetação**

Por que o uso de tipos funcionais, em estudos de dinâmica da vegetação frente a fatores de estresse e distúrbio, é mais apropriado que a tradicional caracterização por espécies?

Em ecologia de pastagem, o entendimento e a explicação de padrões e processos na vegetação requerem o estudo da estrutura da comunidade vegetal e, para tanto, é necessário a descrição detalhada da vegetação.

Desde Theophrastos (300DC) até os cientistas da atualidade, foram utilizadas diversas formas de classificação da vegetação, conforme relatam Pillar e Orlóci (1993). A adoção da tradicional taxonomia baseada em espécies foi decidida por ocasião do terceiro Congresso Internacional de Botânica, em 1910, em Bruxelas. No entanto, existem limitações ao uso de espécies, pois os atributos utilizados na sua descrição, muitas vezes não revelam estruturas ecologicamente relevantes. Outro problema relacionado ao uso de espécies, é a limitação ao se comparar comunidades entre regiões com floras distintas (Orlóci e Orlóci, 1985). Também, quando se comparam diferentes locais dentro da mesma região florística, pode haver o aumento da indeterminância analítica quando as espécies não ocorrem em todos os locais avaliados, enfraquecendo comparações quantitativas (Pillar e Orlóci, 1993).

Plantas apresentam ajuste fenotípico, tanto morfológico quanto fisiológico, que visa aumentar a resistência ao estresse ou distúrbio (Osmond et al., 1987; Kuiper & Kuiper, 1988; Briske & Richards, 1995; Briske, 1996).

Esse ajuste reflete o grau de plasticidade da planta (Schlichting, 1989) e para que isso possa ser observado, a descrição das comunidades deverá basear-se em tipos funcionais.

O que são tipos funcionais? São grupos de indivíduos que apresentam um conjunto de atributos semelhantes e são similares nas suas respostas a alterações aos fatores ambientais e/ou a processos que ocorrem no ecossistema.

Diversos pesquisadores têm ressaltado a importância de se utilizar tipos funcionais para avaliar alterações na vegetação em escala global, em resposta a variáveis ambientais (Guofan *et al.*, 1996; Box, 1996; Skarpe, 1996; Landsberg *et al.*, 1999; McIntyre *et al.*, 1999).

Maior interesse por esse assunto surgiu com o projeto *Global Change and Terrestrial Ecosystems* (GCTE) do *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGPB) que tem como objetivo investigar e prever, através de modelos, a natureza das respostas da vegetação a alterações climáticas futuras. Segundo Woodward & Cramer (1996), o uso de espécies não permite que esses modelos sejam utilizados em escala global.

É importante investigar o quanto uma classificação funcional desenvolvida para uma região e situação específica poderá ser generalizada (Weiher *et al.*, 1999). Uma classificação será universal se análises independentes, conduzidas em gradientes semelhantes em diferentes locais, revelarem respostas parecidas em termos de tipos funcionais (Lavorel *et al.*, 1999; Pillar, 1999a). Por outro lado, Noble & Habiba (1996) afirmaram que

classificação funcional é dependente do contexto, não podendo ser generalizada.

A medida de atributos de populações de algumas espécies, em diferentes locais e sob diferentes regimes de distúrbio é, operacionalmente, mais complicada que o tradicional estudo florístico. No entanto, ela promove o discernimento de processos no ecossistema que dificilmente seriam observados usando uma abordagem baseada somente na composição de espécies (Diaz *et al.*, 1999a). Na análise de distintas intensidades de pastejo, Diaz *et al.* (1992) observaram maiores diferenças quando os caracteres morfológicos das espécies foram considerados. Landsberg *et al.* (1999) afirmaram que embora seja possível descrever o impacto do pastejo em termos de mudança em abundância de todas as espécies componentes, isto não promove uma imagem que possa ser transferida para outros ambientes. Também é mais difícil o entendimento da razão pela qual as espécies diferem em sua resposta ao pastejo. Castilhos & Pillar (2001), avaliando ambientes pastejados e protegidos do pastejo, observaram que com o uso de espécies não havia uma clara distinção, entre estes ambientes, no espaço de ordenação.

O principal problema que enfrentam os pesquisadores que desejam descrever a vegetação com base em tipos funcionais, é como definir estes tipos. Tipos são descritos por caracteres que necessitam ser selecionados. O importante é que os tipos definidos por atributos respondam a variáveis ambientais (Pillar & Orlóci, 1993; Skarpe, 1996; Guofan *et al.*, 1996; Diaz & Cabido, 1997; Pillar, 1999a).

Pillar (1999a) sugeriu uma abordagem analítica para seleção de atributos a qual denominou otimização algorítmica. A descrição da comunidade, baseada em tipos funcionais, gera dados cuja variação composicional deve ser avaliada quanto à correlação com a variação ambiental. Para isto, são consideradas três matrizes de dados, uma descrevendo as populações de plantas pelos atributos que foram pré-selecionados, outra descrevendo as comunidades pela performance (presença/ausência ou quantidades) dessas populações e outra com dados ambientais dos sítios das comunidades. A otimização algorítmica é baseada na magnitude da congruência entre variação vegetacional e variação ambiental. Para esta avaliação é usada uma matriz de correlação  $\rho(\mathbf{D}; \Delta)$ .  $\mathbf{D}$  é uma matriz de dissimilaridade de unidades amostrais considerando a composição da vegetação e  $\Delta$  é uma matriz de dissimilaridade das mesmas unidades amostrais baseada em dados ambientais. Maior  $\rho(\mathbf{D}; \Delta)$  indica que, provavelmente, os tipos baseados nos atributos selecionados são de fato funcionais para os fatores ambientais considerados. Desta forma, é avaliada a relevância ecológica dos atributos.

Através de um algoritmo iterativo são identificados atributos que conjuntamente maximizam a congruência  $\rho(\mathbf{D}; \Delta)$ . Algoritmos definem politeticamente ou monoteticamente os tipos. Na definição monotética, tipos são formados por populações idênticas para os atributos considerados. Na politética são formados por populações mais semelhantes para os atributos considerados, com base em análise de agrupamentos da matriz de populações

por atributos. Baseado nisso é determinado um subconjunto ótimo de atributos, do conjunto inicial de atributos, os quais definirão os tipos funcionais.

A escolha dos atributos é uma etapa de vital importância no processo de definição de tipos funcionais e pode estar baseada em dados de literatura ou estudos prévios de campo (Diaz *et al.*, 1992) ou laboratório (Grime *et al.*, 1997). Podem ser utilizados atributos morfológicos ou fisiológicos, no entanto deve-se considerar os custos, a facilidade e o tempo despendido na avaliação (Diaz & Cabido, 1997; Diaz, *et al.*, 1999b). Outros fatores que devem ser levados em conta são a escala e o objetivo do estudo (McIntyre, 1999; McIntyre *et al.*, 1999; Weiher *et al.*, 1999).

É imprescindível que haja, entre os pesquisadores, uma linguagem comum de atributos de planta para possibilitar comparações entre regiões e maximizar a utilidade dos dados (Weiher *et al.*, 1999). Preocupados com esta questão, cientistas de todo o mundo têm se reunido, desde 1993, com o apoio do projeto GCTE, para apresentação de trabalhos e troca de experiências sobre o uso de tipos funcionais na caracterização da vegetação. Por ocasião do último encontro que ocorreu em maio de 2001, em Valência, na Espanha, foram listados alguns atributos relacionados a fatores de distúrbio (pastejo e queima) e uso. Dentre os citados, área foliar específica, resistência da folha, persistência da folha (sempre verde ou decídua), massa de semente, altura da vegetação e capacidade de rebrotar foram considerados os atributos mais relevantes para avaliar a resposta das plantas a fatores de distúrbio (Diaz *et al.*, 2001b). Área foliar específica é considerada um atributo de extrema importância e é altamente correlacionada à taxa de crescimento relativo,



conteúdo de água na folha, teor de nitrogênio e palatabilidade (Westoby, 1999; Weiher *et al.*, 1999). No entanto, por apresentar uma grande variabilidade entre amostras, em função de erros de medida que podem ocorrer, a avaliação da área foliar específica poderá ser substituída por conteúdo de água da folha (Weiher *et al.*, 1999; Wilson *et al.*, 1999). Estas substituições poderão ocorrer quando os atributos que serão avaliados são de difícil medição. Daí a importância de se avaliar correlações entre os diversos atributos.

Pastejo causa profundo impacto na comunidade de plantas, no entanto, essas apresentam mecanismos de resistência (escape e tolerância), em resposta a esse distúrbio (Briske, 1996; Briske, 1999). Decréscimos na altura e tamanho da folha em resposta ao pastejo têm sido repetidamente documentados na literatura (Diaz *et al.*, 1992; Landsberg *et al.*, 1999; Eggers, 1999; Boggiano, 2000; Diaz *et al.*, 2001b). Resistência da folha tem sido associada à baixa palatabilidade e escape ao pastejo (Grime *et al.*, 1996; Cornelissen *et al.*, 1999; Diaz *et al.*, 1999b). Westoby (1999) propôs um esquema no qual área foliar específica e altura da planta desempenham uma função em resposta ao distúrbio, principalmente pastejo. De acordo com seu modelo, plantas com alta área foliar específica podem ser favorecidas em condições de pastejo intenso, não seletivo, enquanto que plantas com baixa área foliar específica podem predominar quando a carga animal é moderada ou baixa, permitindo a seletividade pelos animais. Diaz *et al.* (2001a), avaliando resposta de plantas ao pastejo, observaram que espécies resistentes ao pastejo eram mais baixas, apresentavam folhas pequenas, mais tenras e maior área foliar específica do que espécies susceptíveis ao pastejo. Resistência ao

pastejo foi relacionada com atributo de escape (menor altura e tamanho da folha) e atributo de tolerância (maior área foliar específica). Segundo os autores, os resultados obtidos alteram o preceito de que intenso pastejo por bovinos, necessariamente, favorece espécies com folhas resistentes e impalatáveis.

Determinados atributos apresentam correlação funcional, ou seja, as plantas podem responder, simultaneamente, a fatores como seca, baixa concentração de nutrientes e resistência ao pastejo com o mesmo atributo ou conjunto de atributos (Diaz *et al.*, 2001b). O tamanho da folha tende a ser maior com o aumento da umidade e fertilidade do solo e menor intensidade de pastejo (Floret *et al.*, 1990; Gastal & Nelson, 1994; Boggiano, 2000). O mesmo pode ocorrer com a consistência da lâmina, que poderá ser mais consistente em ambiente seco e mais alcalino (Floret *et al.*, 1990). Segundo Grime *et al.* (1997) existe alta correlação entre nutrientes minerais na folha e atributos tais como, força de tensão, palatabilidade para invertebrados e taxa de decomposição da folha. Baixa concentração de nutriente mineral coincide com folhas de alta força de tensão e baixa palatabilidade.

No Rio Grande do Sul, são recentes os estudos com esta abordagem. Porém, Lindman em sua viagem pelo Estado (1892-1893), já buscava evidências capazes de revelar associação entre condições do meio e atributos morfológicos de plantas. Estruturas como folhas coriáceas, pequenas, estreitas, posicionadas verticalmente foram relacionadas a deficiência hídrica (Pillar & Boldrini, 1996).

Boggiano (1995), avaliando 14 caracteres usados para descrever a vegetação sob diferentes intensidades de pastejo, observou que a combinação que maximizou a congruência entre a vegetação e intensidade de pastejo foi largura da folha, resistência da folha, secção transversal das folhas e textura das folhas. Quando a vegetação foi descrita somente pelas espécies, a congruência foi muito baixa. Em locais onde ocorreu máxima intensidade de pastejo, a vegetação era caracterizada por plantas com folhas largas, herbáceas e com menor resistência. No trabalho de Quadros (1999), a altura da planta foi o atributo que maximizou a congruência entre composição da vegetação e pastejo. A medida que outros atributos foram acrescentados esta diminuiu, sendo o menor valor observado com o atributo espécie. Em estudo preliminar desenvolvido por Castilhos & Pillar (2001), na mesma área deste estudo, a altura da planta, indumento da folha e secção transversal da folha foram os principais atributos que definiram tipos funcionais. As áreas pastejadas foram caracterizadas por tipos funcionais cujos indivíduos apresentavam altura variando de 2,5 a 5 cm e folhas lisas e planas, enquanto nas áreas excluídas do pastejo, a altura destes variou de 20 a 50 cm e a característica das folhas foi semelhante à das áreas pastejadas. Nos dois últimos trabalhos citados foi constatado que algumas espécies apresentavam indivíduos comuns a vários tipos funcionais, indicando a plasticidade fenotípica das plantas em resposta aos fatores de distúrbio considerados.

## **2. DINÂMICA VEGETACIONAL DE ÁREAS EXCLUÍDAS E PASTEJADAS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES INICIAIS DE ADUBAÇÃO**

### **2.1. Introdução**

O entendimento da ecologia da vegetação é básico para formulação de práticas de melhoramento e manejo de pastagens naturais. O estudo da dinâmica vegetacional, em diferentes escalas espaciais e temporais, fornecerá informações para elaboração de modelos preditivos. Modelos constituem-se em importantes ferramentas na tomada de decisão em sistemas pastoris. Segundo McIntosh (1980), a maturidade científica é atingida com a capacidade de predição.

O modelo hegemônico predominante na comunidade científica que desenvolve pesquisa na área de vegetação, até pouco tempo, era o do determinismo sucessional, o chamado paradigma de Clements (1928). É um modelo holístico no qual a sucessão é considerada como um processo altamente ordenado e previsível, onde mudanças na vegetação representam a história de vida de uma comunidade vegetal. As comunidades tenderiam a convergir, através de sucessão, em direção a uma vegetação clímax com características unicamente definidas pelo clima regional. O clímax seria o estado estável onde a vegetação estaria em equilíbrio com o clima presente. Os primeiros pesquisadores, no Rio Grande do Sul, foram muito influenciados

pela escola americana e adotaram este conceito sem considerar a escala de observação tanto espacial como temporal.

À partir da década de 70, ecólogos modernos adotam a teoria do não equilíbrio postulada por Gleason (1926), com uma visão reducionista, onde é considerado que as espécies têm um comportamento individualista, e dependente do acaso, em função de distúrbios frequentes. Por essa teoria, não é observada uma estabilidade absoluta, a vegetação está variando continuamente em várias escalas de tempo e espaço. Segundo Anand (1997), tanto Clements quanto Gleason tinham muito mais a nos dizer sobre a natureza dinâmica da vegetação do que as revisões tradicionais nos fizeram acreditar, pois até Clements admitia que a mais estável vegetação nunca está em completo equilíbrio. A autora não considera excludentes estas duas teorias, sugere a união das duas, pois num curto espaço de tempo o processo pode ser previsível, mas imprevisível a longo prazo. Logo, a dinâmica vegetacional, que Orlóci (2000) denominou de sindinâmica, pode ser estruturada em duas fases, uma linear determinística e outra caótica, dependente das condições iniciais.

No Rio Grande do Sul, apesar das condições climáticas, principalmente precipitação, apresentarem potencial para o desenvolvimento de florestas, o que predomina são os campos. Os diferentes tipos de solos, a ocorrência de déficit hídrico freqüente no período de verão (Pillar & Quadros, 1997), além do pastejo e do fogo, que fazem parte da história evolutiva da vegetação nesta região, são determinantes deste ecossistema (Quadros, 1999).

O pastejo é um agente de distúrbio que, dependendo de sua intensidade e frequência, pode causar profundas alterações na comunidade vegetal (Heitschmidt & Walker, 1997). Reações das plantas a eventos de pastejo dependerão da habilidade dos indivíduos em compensar perdas de órgãos e do impacto relativo na alteração da relação competitiva da comunidade (Milchunas & Lauenroth, 1993). Os indivíduos apresentam mecanismos de resistência (escape e tolerância) em resposta a esse distúrbio (Briske, 1996; Briske, 1999). Respostas morfológicas e fisiológicas são observadas em plantas submetidas a desfolhação (Chapman & Lemaire, 1993). O regime de desfolhação, bem como o fornecimento e demanda de recursos para o crescimento das plantas são os determinantes das características e produção das pastagens.

Em situações de pastejo intenso as plantas reagem modificando sua estrutura (Parsons *et al.*, 1983; Nabinger, 1997). Boggiano (2000) avaliando *Paspalum notatum* e Eggers (1999) *Coelorachis selloana*, em uma pastagem natural com pastejo leve, observaram que estas espécies apresentaram menor número e peso de filhotes e maior comprimento de folhas. Gonçalves e Girardi-Deiro (1986) constataram redução na cobertura de espécies estoloníferas, como *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis* e *Desmodium incanum* com carga animal baixa. Boldrini (1993) também observou diferenças na estrutura da vegetação com o uso de diferentes pressões de pastejo. As espécies estoloníferas e as anuais reduziram sua cobertura e frequência em pressões de pastejo mais leve.

A intensidade de pastejo afeta a seletividade animal. Pastejo seletivo influencia a direção e magnitude da sucessão ecológica, pois a habilidade competitiva das plantas é alterada pela frequência e severidade de desfolhação (Heitschmidt & Walker, 1997), conseqüentemente, a riqueza florística é alterada. Em área excluída do pastejo, Boldrini & Eggers (1996) observaram uma diminuição na riqueza florística e aumento da cobertura vegetal. Plantas rizomatosas e estoloníferas foram substituídas por plantas cespitosas.

A adubação é outro fator de modificação da composição florística de uma pastagem natural. No Rio Grande do Sul, a adubação em pastagem natural tem sido utilizada por ocasião da sobressemeadura de espécies cultivadas hibernais. Em locais onde altos níveis de nitrogênio são aplicados há a dominância de gramíneas. Espécies como *Paspalum notatum*, *Desmodium incanum*, *Coelorachis selloana*, *Paspalum urvillei* e *Paspalum nicorae* são favorecidas pela adubação com NPK (Castilhos & Jacques, 1984; Moojen, 1991; Dürr *et al.*, 1993; Gomes, 1996; Boggiano *et al.*, 1998; Castilhos & Pillar, 1999; Heringer, 2000).

Com base nestas informações, formulou-se a hipótese de que diferentes condições iniciais (níveis de adubação), associadas ao pastejo ou exclusão, determinam trajetórias diferenciadas de dinâmica da vegetação. Para testá-la, desenvolveu-se este trabalho em que foi avaliada a dinâmica vegetacional de uma pastagem natural excluída ou pastejada, com ou sem adubação com NPK em São Gabriel, RS.

## 2.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa de Forrageiras, da Fepagro, em São Gabriel, RS, em uma área de pastagem natural. Na mesma área havia sido desenvolvido, até dezembro de 1996, um experimento avaliando, mediante cortes da vegetação, efeitos de adubação e períodos de diferimento.

A área de pesquisa situa-se na região ecoclimática denominada Depressão Central, do Rio Grande do Sul, com altitude média de 109 m e coordenadas geográficas 30°20'27" de latitude Sul e 54°19'01" de longitude Oeste.

O clima da região é subtropical úmido (Cfa), com verões quentes segundo a classificação de Köppen. Apresenta temperaturas médias de 19,4 °C com mínima absoluta de -5,1 °C e máxima de 42,6 °C. A precipitação anual é superior a 1300 mm e inferior a 1800 mm, com regime de chuvas hibernais (Machado, 1950; Moreno, 1961).

O solo da área experimental, pertencente a unidade de mapeamento Alto das Canas (Brasil, 1973), é um Argissolo vermelho distrófico latossólico (EMBRAPA, 1999; Streck *et al.*, 1999). Caracteriza-se por ser profundo, bem drenado, de coloração avermelhada, textura franca no horizonte A e argilosa no B, apresentando acidez moderada, saturação de bases média, relativa pobreza em nutrientes, principalmente fósforo.

Na Depressão Central ocorrem os campos mistos, com uma vegetação típica de transição entre os campos grossos do Planalto e os campos finos da Campanha. A vegetação campestre é composta por plantas



de porte cespitoso, herbáceas e arbustivas, com muitas espécies decompostas e de andropogôneas. Áreas pastejadas são caracterizadas pela dominância de *Paspalum notatum* no estrato inferior do topo das coxilhas. As espécies cespitosas principais são *Aristida jubata* e *Aristida laevis*, encontradas em locais mais secos. Espécies de gramíneas hibernais, entre elas *Briza* spp, *Stipa* spp e *Piptochaetium* spp são encontradas protegidas junto a touceiras de *Eryngium horridum*, *Trachypogon montufari* e outras espécies de gramíneas mais grosseiras. À medida que a umidade aumenta, surgem *Axonopus affinis* e *Paspalum pumilum*. Dentre as leguminosas, *Desmodium incanum* é a espécie mais comum (Boldrini, 1997).

No início deste estudo, a comunidade vegetal, na área experimental, era composta, principalmente, por *Paspalum notatum*, *Axonopus affinis*, *Desmodium incanum*, *Paspalum plicatulum*, *P. urvillei*, *Eryngium horridum*, diversas espécies dos gêneros *Panicum* e *Briza*, *Piptochaetium montevidense*, *Coelorhachis selloana*, *Aspilia montevidense* e *Baccharis trimera*. No Apêndice 1, encontra-se a lista das espécies observadas na área de estudo ao longo do período experimental, organizadas por famílias.

Em experimento anterior, em blocos casualizados, foi avaliado o efeito de três fatores, sendo calcário (0; 4,3 e 8,6 t.ha<sup>-1</sup>) em parcelas principais (40 x 8 m), adubação (com e sem NPK) em subparcelas (20 x 8 m) e períodos de diferimento (40, 60, 80 e 100 dias) em sub-subparcelas (5 x 8 m). Os tratamentos com adubação (nas subparcelas) receberam anualmente, no mês de fevereiro dos anos 1994, 1995 e 1996, em superfície, 45 kg.ha<sup>-1</sup> de N (na forma de uréia), 110 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (forma de superfosfato triplo) e 60 kg.ha<sup>-1</sup>

de  $K_2O$  (forma de cloreto de potássio). Deste modo, foram aplicados nos três anos  $135 \text{ kg.ha}^{-1}$  de N,  $330 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  e  $180 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $K_2O$ . Em dezembro de 1996, as áreas foram excluídas e a partir de 1997 não foram mais adubadas.

Dois blocos do experimento anterior (seis parcelas principais) foram utilizados para o delineamento do experimento do presente trabalho. A essas seis parcelas foram alocados ao acaso os dois níveis de pastejo: pastejado (Figura 1) e excluído (Figura 2 e 3), com três repetições. Em cada parcela foram mantidas as mesmas subparcelas (adubado e não adubado) do experimento anterior. Para este trabalho foram avaliadas somente as unidades experimentais (antigas sub-subparcelas) referentes ao diferimento de 40 dias. O delineamento utilizado, portanto, foi fatorial completamente casualizado com parcela subdividida.

Em janeiro de 1998 foi iniciado o pastejo nas áreas destinadas a esse tratamento. O pastejo foi realizado por bovinos, ovinos e equinos, seguindo o manejo da estação experimental, onde o resíduo médio da pastagem era mantido em torno de  $1100 \text{ kg MS.ha}^{-1}$ .



FIGURA 1. Vista da fisionomia do tratamento pastejo. São Gabriel, dez/2000.



FIGURA 2. Vista da fisionomia do tratamento exclusão. São Gabriel, dez/2000.



FIGURA 3. Detalhe da área excluída. São Gabriel, dezembro 2000.

Nos meses de novembro dos anos 1998 e 1999 e dezembro de 2000, foram realizados levantamentos da vegetação na unidade amostral de 5 x 8 m. Para isso, foram utilizados quatro quadros contíguos (Figura 4), permanentes, de 50 x 50 cm, localizados no centro da parcela a partir de uma bordadura de 2 m na lateral e extremidade da parcela. Estimou-se visualmente a abundância e cobertura das espécies usando-se a escala de Braun-Blanquet, modificada por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) (Tabela 1).

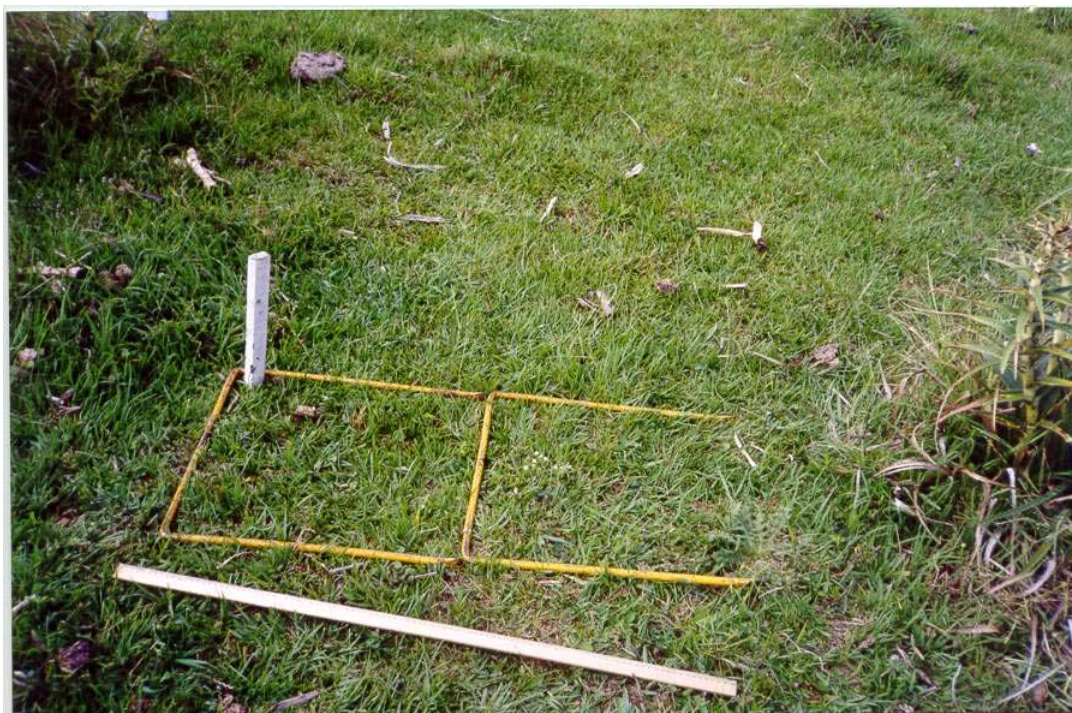


FIGURA 4. Detalhe dos quadros, na parcela pastejada, por ocasião do levantamento de dezembro de 2000, São Gabriel, RS.

TABELA 1. Escala de abundância e cobertura (Braun-Blanquet modificada por Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

Classe	Abundância/Cobertura
r	solitária, com baixa cobertura;
+	escassa, com baixa cobertura (até 5%);
1	numerosa, com até 5% de cobertura;
2	abundante, com cobertura entre 5 e 25%;
3	qualquer número de indivíduos, com cobertura entre 25 e 50%;
4	qualquer número de indivíduos, com cobertura entre 50 e 75%;
5	qualquer número de indivíduos, com cobertura maior que 75%

As coletas de amostras de solo foram realizadas em dezembro dos anos 1998, 1999 e 2000, em uma profundidade de 0 a 3 cm. Cada amostra era

composta por oito subamostras coletadas nas subparcelas. A análise química foi realizada no Laboratório de análise de solos da Fepagro, conforme métodos descritos por Tedesco *et al.* (1995). Foram realizadas as seguintes determinações: fósforo; potássio; pH (H<sub>2</sub>O); cálcio, magnésio, alumínio, CTC efetiva e saturação de bases (resultados no Apêndice 2).

A análise dos dados de composição de espécies foi realizada com o auxílio dos aplicativos MULTIV (Pillar, 2001a) e SYNCOSA (Pillar, 2001b). No SYNCOSA, os dados de abundância e cobertura foram transformados para a escala de van der Maarel (1979) que atribui valores numéricos de 0 a 9 aos símbolos da escala de Braun-Blanquet, sendo agrupados os dados dos quatro quadros por repetição de cada tratamento. Com vistas a detectar padrões e processos de variação ao longo dos três anos de avaliação optou-se pela análise multivariada de ordenação pelo método de coordenadas principais. A medida de semelhança utilizada foi a distância de corda. A significância dos eixos de ordenação e a suficiência amostral foram avaliadas por autoreamostragem (Pillar, 1999b) através do aplicativo SAMPLER (Pillar, 1999c).

A diferença entre os tratamentos, com base nos dados de composição de espécies, nos anos 1998, 1999 e 2000, foi testada mediante análise de variância multivariada com teste de aleatorização, com o aplicativo MULTIV (Pillar & Orlóci, 1996).

Com o objetivo de avaliar se houve convergência ou divergência das trajetórias da vegetação, diferenças de composição de espécies entre as três repetições em cada tratamento em 1998 foram comparadas àquelas entre as

mesmas repetições em 2000. Para tanto, foram calculadas distâncias de corda entre as três repetições, em cada tratamento, nos anos 1998 e 2000, sendo aplicado teste de aleatorização para testar a diferença entre anos. Ou seja, no teste aplicado a cada tratamento, foram consideradas seis distâncias, sendo três em 1998 e três em 2000. Avaliação semelhante também foi realizada, mas considerando os tratamentos pastejados ou excluídos conjuntamente (15 distâncias em cada ano).

Aos dados de solo aplicou-se a análise multivariada de ordenação pelo método de coordenadas principais, com o aplicativo SYNCSA. Foi realizada a transformação vetorial de centralização e normalização dentro de variáveis.

### 2.3. Resultados e Discussão

Pela dinâmica dos nutrientes do solo percebe-se que as trajetórias tendem a direções diferentes (Figuras 5A e 5B). O eixo 1 explica 62,4% da variação total e está relacionado à acidez do solo, pois as unidades amostrais, tanto de áreas pastejadas como excluídas, com maior teor de Ca e Mg e maior pH encontram-se no centro e à direita do diagrama. Essas unidades amostrais fazem parte das repetições cujas parcelas receberam 4,3 e 8,6 t.ha<sup>-1</sup> de calcário, respectivamente, em 1994. À esquerda estão as unidades amostrais com maior alumínio e menor pH, as quais fazem parte das parcelas que não receberam calcário. O eixo 2, que explica 16,9% da variação total, está relacionado à fertilidade do solo. Unidades amostrais na parte superior do diagrama correspondem às repetições das parcelas adubadas até 1996, enquanto na parte inferior encontram-se as das não adubadas. Como pode-se observar ainda existe diferença na concentração de nutrientes entre as áreas adubadas e não adubadas. No entanto, as trajetórias dos tratamentos pastejado com adubo e pastejado sem adubo (Figuras 6 e 7), com relação à composição florística, são convergentes, independente das condições do solo. Esta independência demonstra que o fator determinante desse comportamento é o pastejo e não as condições de solo.

No estudo da dinâmica vegetacional ao longo dos três anos de avaliação procurou-se detectar padrões e processos de variação através da análise multivariada pelo método de coordenadas principais, cuja síntese dos resultados está representada no diagrama de dispersão. O diagrama foi decomposto em dois (Figuras 6 e 7) para melhor visualização. Os eixos I e II



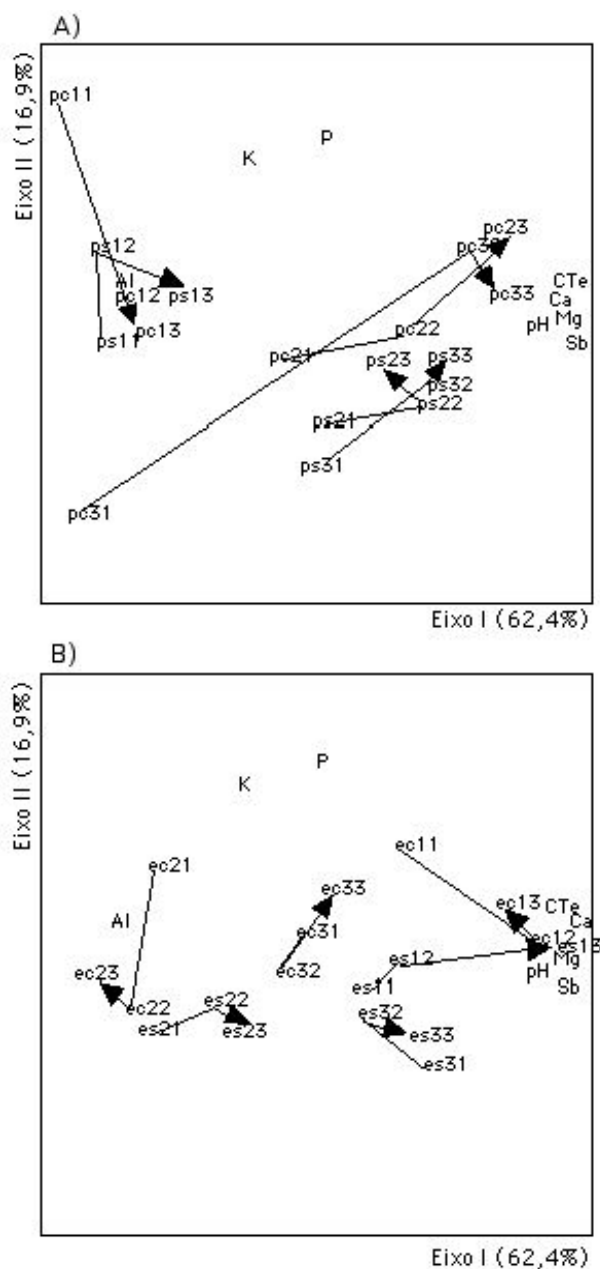


FIGURA 5. Diagrama de ordenação, por Coordenadas Principais com base nas variáveis de solo (P= fósforo; K= potássio; Al= alumínio; pH; Mg= magnésio; Cte= CTC efetiva; Sb= saturação de bases): em A) dos tratamentos pastejo sem adubo (ps) e pastejo com adubo (pc); em B) dos tratamentos excluído sem adubo (es) e excluído com adubo (ec). A medida de semelhança utilizada foi a distância euclidiana entre unidades amostrais. Eixo I e II representam 79,3% da variação total dos dados. As trajetórias das três repetições nos três anos estão indicadas: o primeiro número representa a repetição e o segundo refere-se ao ano de amostragem ( 1= 1998, 2= 1999 e 3= 2000). As variáveis de solo estão dispostos no plano de ordenação, de acordo com suas correlações com os eixos I e II. As variáveis de solo com correlações > 0,4 com pelo menos um dos eixos encontram-se no espaço de ordenação. Amostragem do solo de 0-3 cm de profundidade. São Gabriel, RS.

representam 43,1 % da variação total dos dados. Em cada diagrama está representada a trajetória das três repetições nas combinações de níveis de pastejo e de adubação. A direção das trajetórias das áreas pastejadas, adubadas ou não, apresenta sentido oposto à das trajetórias das áreas excluídas. Isto indica que está havendo uma tendência da comunidade vegetal destes tratamentos a apresentar composição florística diferenciada.

A trajetória da maioria das repetições tanto das áreas pastejadas adubadas quanto excluídas adubadas inicia no mesmo quadrante (Figura 6). A composição florística destas áreas, no inventário de 1998, é composta, principalmente, por *Lolium multiflorum*, *Macroptilium heterophyllum* e *Carex sororia*. Neste levantamento, as áreas têm em comum a adubação e a exclusão de dezembro de 1996 a janeiro de 1998. Estas condições possibilitaram o estabelecimento de *Lolium multiflorum*, cujas sementes foram oriundas de uma área de pastagem próxima à área experimental, provavelmente transportadas pelo vento ou chuva. Por ser uma espécie cultivada exigente em fertilidade o seu estabelecimento ocorreu somente nas áreas adubadas. *Macroptilium heterophyllum* também foi claramente beneficiada pela adubação e exclusão, visto tratar-se de uma leguminosa que em áreas pastejadas é encontrada protegida junto a touceiras de gramíneas cespitosas e de *Eryngium horridum*.

A trajetória das repetições dos tratamentos pastejo com adubo e excluído com adubo, após 1998, apresentaram sentidos opostos. Duas repetições do tratamento excluído com adubo tenderam a apresentar uma comunidade caracterizada principalmente por *Coelorhachis selloana*, enquanto que em uma

repetição, no ano de 2000, as espécies *Paspalum plicatum*, *Melica eremophila*, *Orthopappus angustifolius* e *Eryngium horridum* apresentaram maior cobertura.

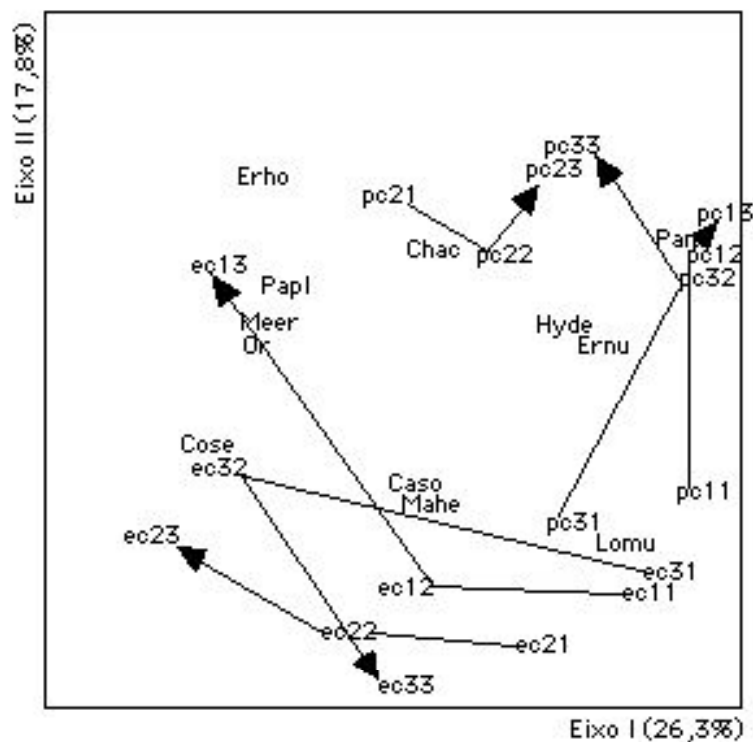


FIGURA 6. Diagrama de ordenação, por Coordenadas Principais com base nos dados de composição florística (52 espécies), dos tratamentos pastejo com adubação (pc) e excluído com adubação (ec). A medida de semelhança utilizada foi a distância de corda entre unidades experimentais. Eixo I e II representam 43,1% da variação total dos dados. As trajetórias das três repetições nos três anos estão indicadas: o primeiro número representa a repetição e o segundo refere-se ao ano de levantamento ( 1= 1998, 2= 1999 e 3= 2000). As espécies estão dispostas no plano de ordenação, de acordo com suas correlações com os eixos I e II. Apenas espécies com correlações > 0,4 com pelo menos um dos eixos estão indicadas, segundo a legenda: Lomu= *Lolium multiflorum*, Mahe= *Macrotilium heterophyllum*, Caso= *Carex sororia*, Cose= *Coelorachis selloana*, Ernu= *Eryngium nudicaule*, Hyde= *Hypoxis decumbens*, Or= *Orthopappus angustifolius*, Meer= *Melica eremophila*, Papl= *Paspalum plicatum*, Erho= *Eryngium horridum*, Chac= *Chevreulia acuminata*, Pano= *Paspalum notatum*. São Gabriel, RS.

No tratamento excluído sem adubo (Figura 7) duas repetições iniciaram com uma comunidade vegetal caracterizada por *Paspalum plicatum*, *Melica eremophila*, *Orthopappus angustifolius* e *Eryngium horridum*, afastando-se no ano 2000. Apenas uma dessas repetições tendeu a uma comunidade vegetal

com *Coelorhachis selloana*. *Coelorhachis selloana*, espécie favorecida pela adubação, é muito pastejada pelos animais o que explica sua maior cobertura nas áreas excluídas. Em situações de pastejo intenso, esta espécie apresenta grande número de afilhos de menor altura e menor comprimento de lâmina foliar (Eggers, 1999), o que pode reduzir sua competitividade com relação à captação de energia solar. Tanto Escosteguy (1990) quanto Moojen (1991) e Boldrini (1993) verificaram que *Coelorhachis selloana* é beneficiada com pastejo leve. Comportamento semelhante foi constatado para *Paspalum plicatulum* e *Melica eremophila* no presente trabalho, cuja maior cobertura foi observada nos tratamentos excluídos do pastejo. *Melica eremophila* é uma espécie de crescimento hibernal e como tantas outras de igual fenologia, em condições de pastejo mais intenso, são encontradas protegidas junto a touceiras de espécies cespitosas. Altesor *et al.* (2002), no Uruguai, também observaram aumento de gramíneas de estação fria em área excluída.

Duas repetições do tratamento pastejo sem adubo apresentaram, em 1998, condição semelhante ao excluído sem adubo (Figura 7), provavelmente, decorrente da exclusão na área.

As trajetórias de todas as repetições, tanto do tratamento pastejo com adubação (Figura 6) como pastejo sem adubo (Figura 7) tenderam ao mesmo quadrante. As espécies com maior cobertura, em 2000, nos tratamentos pastejo com adubação e pastejo sem adubo são: *Paspalum notatum*, *Chevreulia acuminata*, *Hypoxis decumbens* e *Eryngium nudicaule*. Com pastejo intenso, como o que ocorreu neste trabalho, há uma modificação na estrutura da vegetação. Espécies cespitosas são substituídas por espécies

rasteiras, rizomatosas, estoloníferas e rosuladas (Boldrini, 1993). As plantas apresentam a estratégia de escape ao pastejo. O tratamento excluído sem adubo ( Figura 7) teve trajetórias em geral, mais curtas do que as do tratamento excluído com adubo, indicando pouca variação na composição de espécies ao longo do período de avaliação.

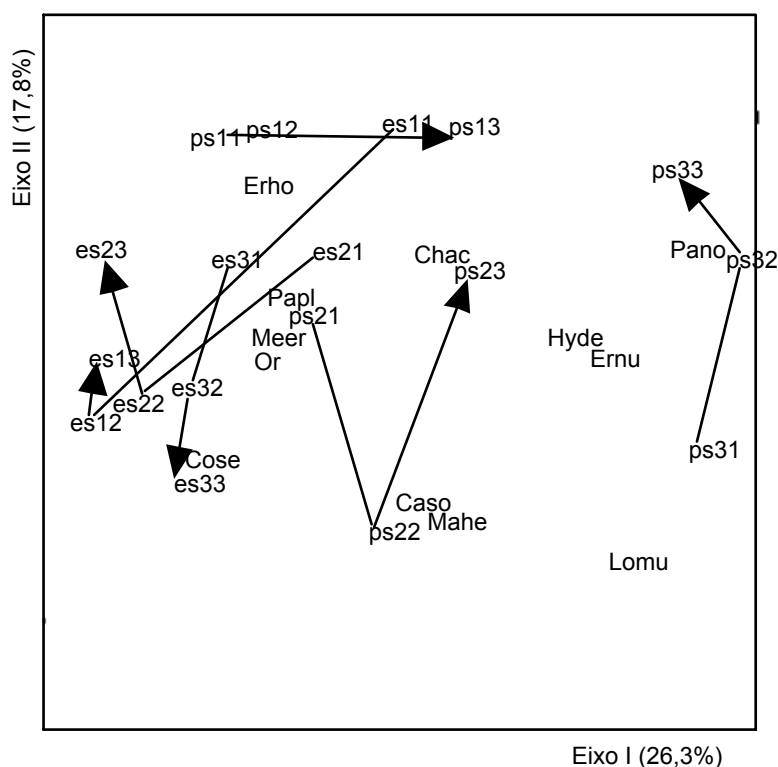


FIGURA 7. Diagrama de ordenação, por Coordenadas Principais com base nos dados de composição florística (52 espécies), dos tratamentos excluído sem adubação (es) e pastejo sem adubação (ps). A medida de semelhança utilizada foi a distância de corda entre unidades amostrais. Eixo I e II representam 43,1% da variação total dos dados. As trajetórias das três repetições nos três anos estão indicadas: o primeiro número representa a repetição e o segundo refere-se ao ano de levantamento ( 1= 1998, 2= 1999 e 3= 2000). As espécies estão dispostas no plano de ordenação, de acordo com suas correlações com os eixos I e II. Apenas espécies com correlações > 0,4 com pelo menos um dos eixos estão indicadas, segundo a legenda: Lomu= *Lolium multiflorum*, Mahe= *Macroptilium heterophyllum*, Caso= *Carex sororia*, Cose= *Coelorachis selloana*, Ernu= *Eryngium nudicaule*, Hyde= *Hypoxis decumbens*, Or= *Orthopappus angustifolius*, Meer= *Melica eremophila*, Papl= *Paspalum plicatulum*, Erho= *Eryngium horridum*, Chac= *Chevreulia acuminata*, Pano= *Paspalum notatum*. São Gabriel, RS.

O teste de significância dos eixos de ordenação é avaliado por meio de uma probabilidade se os padrões de variação da vegetação são estáveis (Pillar, 1999b). Para que isto ocorra é necessário que exista suficiência amostral. Os resultados do teste baseado em autoreamostragem (*bootstrap*) para avaliar a significância dos eixos de ordenação indicaram que a probabilidade de obter ao acaso a configuração observada foi de 0,24.

A tendência decrescente das probabilidades com até 36 unidades amostrais indica que a amostra é insuficiente para afirmar a não significância dos eixos (Figura 8). Desta forma, não há elementos para descartar os resultados da ordenação, os quais mostram tendências de variação consistentes e interpretáveis.

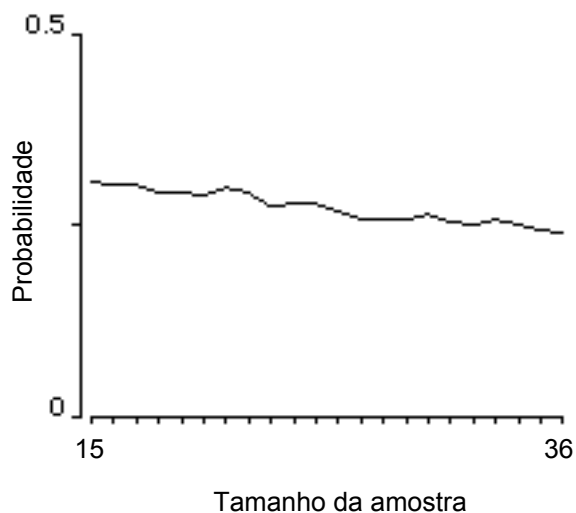


FIGURA 8. Suficiência amostral e significância de eixos de ordenação em um conjunto de dados com 36 unidades amostrais e 52 variáveis. Ordenação por coordenadas principais. Probabilidades obtidas após 1000 iterações de reamostragem *bootstrap*. O eixo horizontal representa tamanhos crescentes de amostra.

Com base nos dados de composição florística o teste de aleatorização, aplicado aos tratamentos no ano 1 (Tabela 2), ano 2 (Tabela 3) e ano 3

(Tabela 4) demonstrou diferença significativa entre os tratamentos pastejo e exclusão, com probabilidades de 0,064 (ano 1); 0,037 (ano 2) e 0,003 (ano 3).

Ao se comparar as diferentes combinações de níveis de pastejo e de adubação observou-se que no primeiro ano de avaliação houve diferença significativa somente entre os tratamentos excluído com e sem adubação ( $P=0,015$ ) e entre os tratamentos excluído com adubo e pastejo sem adubo ( $P=0,053$ ) (Tabela 2). No segundo ano houve diferença significativa ( $P=0,037$ ) entre os tratamentos excluído com adubo e pastejo com adubo e entre os tratamentos excluído sem adubo e pastejo com adubo ( $P=0,002$ ) (Tabela 3).

No ano 2000 não houve diferença significativa entre os tratamentos excluído com e sem adubação ( $P=0,338$ ) e para os tratamentos pastejo com e sem adubação ( $P=0,995$ ). Isto pode ser observado nos diagramas onde os respectivos tratamentos são caracterizados por comunidades com composição florística semelhante (Figuras 6 e 7).

TABELA 2. Análise de variância multivariada com testes de aleatorização avaliando efeitos dos tratamentos excluído com adubo (EC), excluído sem adubo (ES), pastejo com adubo (PC) e pastejo sem adubo (PS) na composição florística, no primeiro ano de avaliação (1998). A análise utilizou distâncias de corda entre unidades experimentais calculadas com a cobertura das espécies identificadas.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Probabilidade $P(Q_{b_0} \geq Q_b)$
Tratamentos	2,267	0,064
Contrastes		
EC com ES	1,4227	0,15
EC com PC	0,50013	0,441
EC com PS	1,0607	0,053
ES com PC	0,79104	0,132
ES com PS	0,39733	0,649
PC com PS	0,36215	0,73

TABELA 3. Análise de variância multivariada com testes de aleatorização avaliando efeitos dos tratamentos excluído com adubo ( EC), excluído sem adubo (ES), pastejo com adubo (PC) e pastejo sem adubo (PS) na composição florística, no segundo ano de avaliação (1999). A análise utilizou distâncias de corda entre unidades experimentais calculadas com a cobertura das espécies identificadas.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Probabilidade $P(Qb_0 \geq Qb)$
Tratamentos		
Entre grupos	2,215	0,037
Contrastes		
EC com ES	0,51624	0,32
EC com PC	1,0405	0,037
EC com PS	0,54986	0,29
ES com PC	1,4048	0,002
ES com PS	0,70585	0,143
PC com PS	0,21282	0,906

TABELA 4. Análise de variância multivariada com testes de aleatorização avaliando efeitos dos tratamentos excluído com adubo ( EC), excluído sem adubo (ES), pastejo com adubo (PC) e pastejo sem adubo (PS) na composição florística, no terceiro ano de avaliação (2000). A análise utilizou distâncias de corda entre unidades experimentais calculadas com a cobertura das espécies identificadas.

Fonte de variação	Soma de quadrados	Probabilidade $P(Qb_0 \geq Qb)$
Tratamentos		
Entre grupos	3,05	0,003
Contrastes		
EC com ES	0,56118	0,338
EC com PC	1,501	0,006
EC com PS	1,2286	0,033
ES com PC	1,4808	0,01
ES com PS	1,1708	0,042
PC com PS	0,15771	0,995

O teste da convergência ou divergência para as trajetórias das comunidades vegetais submetidas aos mesmos tratamentos evidenciou tendência à maior diferença no ano 2000 do que no ano 1998 para as áreas excluídas com adubação (Tabela 5) e excluídas sem adubação (Tabela 6).



Entretanto, divergência significativa ( $P=0,052$ ) foi somente constatada para as áreas excluídas com adubo, e deve ser considerado ainda que essa divergência pode ser efeito de escala, pois nas áreas adubadas foi encontrado, um menor número de espécies com maior cobertura por parcela (Tabela 9). Verificou-se que touceiras de uma única espécie cobriam maior parte do quadro amostrado.

Nas áreas pastejadas, tanto adubadas (Tabela 7) quanto não adubadas (Tabela 8) houve convergência significativa nas trajetórias (probabilidade de 0,017 e 0,035, respectivamente).

Da mesma forma, na análise conjunta das repetições dos tratamentos com e sem adubação, verificou-se convergência significativa para as áreas pastejadas ( $P= 0,001$ ), independente das condições iniciais (adubação) (Apêndice 3). Nos tratamentos excluídos a convergência não foi significativa ( $P=0,521$ ) (Apêndice 4).

TABELA 5. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições no tratamento excluído com adubo, nos anos 1998 e 2000.

Repetições	1998	2000
1 – 2	0,935612	1,03353
1 – 3	0,767942	1,71985
2 – 3	0,367376	1,0543
Média	0,69	1,27

TABELA 6. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições no tratamento excluído sem adubo, nos anos 1998 e 2000.

Repetições	1998	2000
1 – 2	0,629937	0,621482
1 – 3	0,882471	0,707053
2 – 3	0,754856	1,16708
Média	0,75	0,83

TABELA 7. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições no tratamento pastejo com adubo, nos anos 1998 e 2000.

Repetições	1998	2000
1 – 2	1,01567	0,380942
1 – 3	0,598734	0,357211
2 – 3	1,04539	0,310143
Média	0,89	0,35

TABELA 8. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições no tratamento pastejo sem adubo, nos anos 1998 e 2000.

Repetições	1998	2000
1 – 2	0,875493	0,303571
1 – 3	1,31625	0,353851
2 – 3	1,55991	0,50898
Média	1,25	0,39

Maior riqueza florística (Tabela 9) foi encontrada no ano 2000 ( $P=0,009$ ), nos tratamentos pastejados, sendo maior no pastejado com adubo, o qual diferiu significativamente dos tratamentos excluído com adubo ( $P=0,002$ ) e excluído sem adubo ( $P=0,065$ ). Menor riqueza de espécies em todos os tratamentos, em 1998, pode ser atribuído ao fato da área ter ficado excluída de 96 a 98, e antes ter sido manejada sob cortes (1994 a 1996). Não havendo distúrbio, pode ter ocorrido dominância de algumas espécies em prejuízo do desenvolvimento de outras. O mesmo pode ser observado para o tratamento excluído com adubo, tanto em 1998 como em 2000. Os tratamentos excluído com adubo ( $P=0,734$ ) e excluído sem adubo ( $P=0,98$ ) não apresentaram diferença significativa entre anos. Bullock et al. (1994) relataram trabalhos onde a adubação resultou em uma vegetação densa, dominada por poucas gramíneas. Sugeriram que para aumentar a diversidade deve ser suspensa a

adubação e a área pastejada. Em área excluída, Boldrini & Eggers (1996), observaram uma diminuição na riqueza florística e aumento da cobertura vegetal.

TABELA 9. Número de espécies nos tratamentos: pastejo com adubo (PC), pastejo sem adubo (PS), excluído com adubo (EC) e excluído sem adubo (ES) em uma pastagem natural, nos anos 1998 e 2000, São Gabriel, RS. Média de três repetições.

Anos	Tratamentos			
	PC	PS	EC	ES
1998	15,33	12,33	12,33	15,33
2000	27	20,67	14	15,33

#### 2.4. Conclusões

As trajetórias das comunidades vegetais das áreas pastejadas apresentam sentido oposto às das excluídas. Além disso, independente das condições iniciais de adubação, as trajetórias, em cada tratamento pastejado, são convergentes.

Os tratamentos (pastejo e exclusão), após três anos de avaliação, são caracterizados por comunidades de plantas diferentes. Nas áreas pastejadas, a vegetação é composta, principalmente por *Paspalum notatum*, *Chevreulia acuminata*, *Hypoxis decumbens* e *Eryngium nudicaule*. Nas áreas excluídas, as espécies com maior cobertura são *Paspalum plicatulum*, *Melica eremophila*, *Orthopappus angustifolius*, *Eryngium horridum* e *Coelorhachis selloana*.

Maior riqueza florística é encontrada em áreas pastejadas e adubadas. Com o passar do tempo há uma diminuição do efeito da adubação sobre a composição florística, tanto nos tratamentos pastejados como excluídos.

### **3. RESPOSTAS AO PASTEJO OU EXCLUSÃO PODEM SER CARACTERIZADAS POR TIPOS FUNCIONAIS?**

#### **3.1. Introdução**

Em estudos ecológicos é importante uma abordagem analítica explicativa para o entendimento do impacto que diferentes práticas de manejo causam na estrutura da vegetação. Dessa forma, a ênfase deve ser dada ao uso de taxonomias com maior utilidade ecológica, que enfatizem características relacionadas à sobrevivência de plantas as condições do ambiente. Para isso devem ser utilizados atributos que apresentem funcionalidade, ou seja, reflitam condições de adaptação ao ambiente.

O uso de espécies apresenta limitação quando se quer comparar comunidades entre regiões com floras distintas (Orlóci e Orlóci, 1985). Quando as espécies não ocorrem em todos os locais, em uma mesma região florística, pode haver o aumento da indeterminância analítica, enfraquecendo comparações quantitativas (Pillar e Orlóci, 1993). Nessas situações o uso de tipos funcionais como taxonomia alternativa é o mais adequado, não significando que substituam as espécies, mas que sejam um complemento em estudos de vegetação. Tipos funcionais são grupos de indivíduos que apresentam um conjunto de atributos semelhantes e são similares nas suas

respostas a alterações nos fatores ambientais e ou a processos que ocorrem no ecossistema.

Com o uso de tipos funcionais pode haver o entendimento de processos, o que dificilmente ocorrerá usando uma abordagem baseada somente na composição de espécies (Diaz *et al.*, 1999a). Diaz *et al.* (1992) detectaram diferenças entre várias intensidades de pastejo quando os caracteres morfológicos das espécies foram considerados. O mesmo foi observado no trabalho de Castilhos & Pillar (2001) no qual ambientes pastejados ou protegidos do pastejo foram avaliados. Muitas vezes não é possível a extrapolação dos resultados de estudos para outros ambientes, onde o distúrbio causado pelo pastejo é avaliado em termos de alteração na composição de espécies (Landsberg *et al.*, 1999).

Pesquisadores ao descreverem a vegetação com base em tipos funcionais encontram dificuldade em defini-los. Os caracteres utilizados na definição de tipos devem responder a variáveis ambientais (Pillar & Orlóci, 1993; Skarpe, 1996; Guofan *et al.*, 1996; Diaz & Cabido, 1997; Pillar, 1999a).

Pillar (1999a) sugere uma abordagem analítica para seleção de atributos a qual denominou otimização algorítmica. Nesse caso, a descrição da comunidade, baseada em tipos funcionais, gera dados com variação composicional altamente correlacionada com a variação ambiental.

Na escolha dos atributos, os quais podem ser morfológicos ou fisiológicos, deve-se considerar os custos, a facilidade e o tempo despendido na avaliação (Diaz *et al.*, 1999b; Diaz & Cabido, 1997). Também devem ser

levados em conta a escala e o objetivo do estudo (McIntyre *et al.*, 1999; McIntyre, 1999; Weiher *et al.*, 1999).

Uma linguagem comum de atributos de planta, entre os pesquisadores, é importante para possibilitar comparações entre regiões e maximizar a utilidade dos dados (Weiher *et al.*, 1999). No encontro que ocorreu em maio de 2001, em Valência, na Espanha, foram listados alguns atributos relacionados a fatores de distúrbio (pastejo e queima). Dentre os citados, área foliar específica, resistência da folha, persistência da folha, massa de semente, altura da vegetação e capacidade de rebrotar foram considerados os atributos mais relevantes (Diaz *et al.*, 2001a). Área foliar específica é considerada um atributo importante e é altamente correlacionada a taxa de crescimento relativo, conteúdo de água na folha, teor de nitrogênio e palatabilidade (Westoby, 1999; Weiher *et al.*, 1999).

No esquema proposto por Westoby (1999) área foliar específica e altura da planta desempenham uma função em resposta ao distúrbio, principalmente pastejo. Plantas com alta área foliar específica podem ser favorecidas em condições de pastejo intenso, não seletivo, enquanto plantas com baixa área foliar específica podem predominar quando a carga animal é moderada ou baixa, permitindo a seletividade pelos animais. Diaz *et al.* (2001a) Espécies resistentes ao pastejo são mais baixas, apresentam folhas pequenas, mais tenras e mais alta área foliar específica que espécies susceptíveis ao pastejo. Resistência ao pastejo é relacionada com atributo de escape (menor altura e tamanho da folha) e atributo de tolerância (alta área foliar específica) Diaz *et al.* (2001a).

No Rio Grande do Sul, estudos com esta abordagem são recentes. Boggiano (1995), avaliando 14 caracteres usados para descrever a vegetação sob diferentes intensidades de pastejo, observou que largura da folha, resistência da folha, secção transversal das folhas e textura das folhas foram os atributos que formaram o subconjunto ótimo com maior correlação com pastejo. Quando a vegetação foi descrita somente pelas espécies a congruência foi muito baixa. Em locais onde ocorreu máxima intensidade de pastejo a vegetação era caracterizada por plantas com folhas largas, herbáceas e com menor resistência. No trabalho de Quadros (1999), altura da planta foi o atributo que maximizou a congruência entre composição da vegetação e pastejo. Em estudo preliminar desenvolvido por Castilhos & Pillar (2001), a altura da planta, indumento da folha e secção transversal da folha foram os principais atributos que definiram tipos funcionais de planta em ambientes pastejados ou excluídos do pastejo.

Para testar a hipótese de que tipos funcionais possibilitam o entendimento de padrões que ocorrem em ambientes pastejados ou excluídos, com ou sem adubação, foi conduzido o presente trabalho em São Gabriel, RS.

O objetivo deste estudo foi definir atributos com alta correlação com as variáveis de pastejo (pastejo e exclusão) e de adubação (com ou sem adubação com NPK).

### 3.2. Material e Métodos

O trabalho foi realizado em área de pastagem natural pertencente ao Centro de Pesquisa de Forrageiras da Fepagro, em São Gabriel, RS. O Centro localiza-se a aproximadamente 30°20'27" de latitude Sul e 54°19'01" de longitude Oeste, com altitude média de 109 m.

Segundo Köppen o clima da região é subtropical úmido (Cfa), com verões quentes. Apresenta temperaturas médias de 19,4 °C com mínima de – 5,1 °C e máxima de 42,6 °C. A precipitação anual é superior a 1300 mm e inferior a 1800 mm, com regime de chuvas hibernais (Machado, 1950; Moreno, 1961).

O solo pertence a unidade de mapeamento Alto das Canas (Brasil, 1973). É um Argissolo vermelho distrófico latossólico (EMBRAPA, 1999; Streck *et al.*, 1999). Caracteriza-se por ser profundo, bem drenado, de coloração avermelhada, textura franca no horizonte A e argilosa no B, apresentando acidez moderada, saturação de bases média, relativamente pobre em nutrientes, principalmente fósforo.

Na Depressão Central, ao longo dos cursos dos rios, observa-se matas de galeria. Os campos são caracterizados por uma vegetação típica de transição entre os campos grossos do Planalto e os campos finos da Campanha, são os chamados campos mistos. O estrato superior é composto por espécies cespitosas enquanto que o inferior por espécies estoloníferas ou rizomatosas. Espécies de gramíneas hibernais, entre elas *Briza* spp, *Stipa* spp e *Piptochaetium* spp são encontradas protegidas junto a touceiras de *Eryngium horridum*, *Trachypogon montufari* e outras espécies de gramíneas mais



grosseiras. *Paspalum notatum* é a espécie dominante no estrato inferior do topo das coxilhas. À medida que a umidade aumenta surgem *Axonopus affinis* e *Paspalum pumilum*. Dentre as leguminosas, *Desmodium incanum* é a espécie mais comum (Boldrini, 1997).

Dois blocos de um experimento realizado até 1996 (6 parcelas principais) foram utilizados para o delineamento do experimento do presente trabalho. A essas 6 parcelas foram alocados ao acaso os tratamentos pastejo e exclusão, com três repetições. Dentro de cada parcela foram mantidas as mesmas subparcelas (adubado e não adubado) do experimento anterior. Para este trabalho foram avaliadas somente as unidades experimentais (antigas sub-subparcelas) referentes ao diferimento de 40 dias. O delineamento utilizado, portanto, foi fatorial completamente casualizado com parcela subdividida.

Os tratamentos com adubação (nas subparcelas) receberam anualmente, em fevereiro dos anos 1994, 1995 e 1996, em superfície, 45 kg.ha<sup>-1</sup> de N (uréia), 110 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo) e 60 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). Foram aplicados no total dos três anos, 135 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 330 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 180 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. De 1997 em diante as áreas não foram mais adubadas. À partir de dezembro de 1996 as áreas foram excluídas. Em janeiro de 1998 foi iniciado o pastejo nas áreas destinadas a esse tratamento. O pastejo, realizado por bovinos, ovinos e equinos, seguiu o manejo da estação experimental, onde o resíduo médio da pastagem era mantido em torno de 1100 kg MS.ha<sup>-1</sup>.

Em dezembro de 2000 foi realizada a descrição da vegetação por atributos. Em cada quadro foi avaliado um indivíduo representativo da espécie considerada, o qual foi descrito por atributos macromorfológicos qualitativos e quantitativos, conforme detalhado a seguir. Para a avaliação dos atributos das lâminas foliares tomou-se a folha mais jovem completamente expandida, exposta ao sol.

Para descrição da vegetação com base nos atributos foram considerados indivíduos das seguintes espécies que apresentaram uma frequência de ocorrência acima de 10%, no levantamento realizado em 1999:

*Aspilia montevidense*

*Chevreulia acuminata*

*Coelorhachis selloana*

*Desmodium incanum*

*Eryngium horridum*

*Hypoxis decumbens*

*Indigofera asperifolia*

*Lolium multiflorum*

*Macroptilium heterophyllum*

*Melica eremophila*

*Panicum hians*

*Paspalum dilatatum*

*Paspalum notatum*

*Paspalum plicatulum*

*Senecio brasiliensis*

*Sida rhombifolia*

*Setaria geniculata*

Foi estimada, visualmente, a performance dos indivíduos pela abundância e cobertura, usando-se a escala de Braun-Blanquet , modificada por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974).

A seleção dos atributos utilizados foi baseada nos trabalhos de Pillar & Orlóci (1993), Boggiano (1995), Quadros (1999), Castilhos & Pillar (2001), Sosinski (2000).

Os atributos e estados considerados neste estudo encontram-se resumidos na Tabela 1 e são apresentados a seguir:

**Forma de crescimento (fc):**

Descreve a arquitetura da planta e a forma como as suas estruturas se organizam no espaço.

- a) Ereta: planta de hábito ereto, apresentando um caule ou colmo.
- b) Cespitosa: planta com afilhos formando touceiras.
- c) Prostrada com xilopódio: planta com caules e folhas inclinadas, com xilopódio.
- d) Prostrada sem xilopódio: planta de hábito prostrado, sem xilopódio.
- e) Volúvel com xilopódio: planta trepadora cujo caule dá voltas em torno de um suporte, sem xilopódio.
- f) Rosulada com rizoma: planta com folhas basilares dispostas em forma de roseta, apresentando rizoma.
- g) Rosulada com bulbo: planta com folhas basilares dispostas em forma de roseta, apresentando bulbo.

- h) Rizomatosa: planta com caule subterrâneo.
- i) Cespitosa rizomatosa: planta com afilhos formando touceiras e com rizomas.
- j) Cespitosa estolonífera: planta com afilhos formando touceiras, apresentando estolões.
- k) Prostrada rizomatosa: planta de hábito prostrado, com rizoma.

**Tipo de tecido do caule (tc):**

As populações foram classificadas segundo o grau de lignificação dos caules aéreos em:

- a) Herbácea: caules finos e macios, ausência de lenho.
- b) Lenhosa: caules engrossados, com lenho muito desenvolvido.
- c) Semi-lenhosa: caules com lignificação média.
- d) Acaule: sem caule aparente.

**Secção transversal da lâmina foliar(st):**

Refere-se à aparência das lâminas foliares quando seccionadas transversalmente.

- a) Plana: lâmina que não apresenta enrolamento.
- b) Conduplicada: duas metades do limbo foliar dobradas ao longo da nervura central, apresentam a forma de v.
- c) Convoluta: lâmina se enrola longitudinalmente formando um tubo.
- d) Involuta: lâmina que se encurva por enrolamento nas bordas.

**Consistência da lâmina foliar (cl):**

Atributo relacionado à esclerofilia, através da percepção visual e tátil da consistência da lâmina foliar, tais como:

- a) Membranácea: consistência de membrana fina e flexível.
- b) Herbácea: consistência de erva, macia.
- c) Fibrosa: consistência dura e inflexível.
- d) Cartácea: como papel.
- e) Coriácea: como couro.
- f) Crassa: consistência carnosa.

#### **Superfície dorsal da lâmina foliar (sd):**

Classificação conforme a presença de estruturas na superfície da lâmina.

- a) Lisa: lâminas não apresentam tricomas e saliências.
- b) Escabra: lâminas com ranhuras, com pêlos curtos e rígidos que dá aspereza (Ex: *Aspilia montevidense*).
- c) Estriada: lâminas com estrias, ou seja, com nervuras salientes.
- d) Punctata: lâminas cobertas por pequenas proeminências ou depressões.
- e) Glauca: presença de cerosidade, conferindo coloração verde-azulado (Ex: *Leptochoryphium lanatum*).

#### **Superfície ventral da lâmina (sv):**

Foram utilizados os mesmos critérios do item anterior.

#### **Indumento da lâmina foliar(in):**

Presença de estruturas revestindo, as lâminas com função de proteção:

- a) Glabra: ausência de pilosidade.

- b) Serícea: lâminas cobertas por tricomas finos, longos e sedosos, com certo brilho (Ex: *Dichondra sericea*).
- c) TomENTOSA: lâminas cobertas por tricomas densos, lanosos e entrelaçados.
- d) Pubescente: lâminas cobertas por tricomas finos, suaves.
- e) Pubérula: lâminas ligeiramente pubescentes, com tricomas muito finos, curtos e escassos.
- f) Aculeado: lâmina com espinhos ou acúleos.

**Resistência da lâmina foliar(rl):**

Descreve o grau de resistência da lâmina à ruptura por tração no sentido longitudinal. Os dados foram obtidos a campo por avaliação subjetiva, tracionando-se a lâmina longitudinalmente até se produzir ruptura. Utilizou-se uma escala de resistência entre 1 e 4.

**Altura da planta (ap):**

Medida vertical da superfície do solo até o ponto de maior densidade de folhas. Para tanto, utilizou-se régua graduada em mm, enquadrando-se os indivíduos nas seguintes classes:

1. < 2,5 cm
2. 2,5 – 5 cm
3. 5 – 10 cm
4. 10 – 20 cm
5. 20 – 50cm
6. 50 – 100cm
7. > 100cm

**Largura da lâmina foliar (II):**

Medida da largura, na metade do comprimento da lâmina. Foi utilizada régua graduada em mm, sendo consideradas as seguintes classes:

1. < 2,5 mm
2. 2,5 – 5 mm
3. 5 – 10 mm
4. 10 – 50 mm
5. 50 – 100 mm
6. > 100 mm
7. Áfila

TABELA 1. Caracteres utilizados na descrição da vegetação de áreas excluídas e pastejadas, com e sem adubação, em uma pastagem natural, em São Gabriel, RS.

Símbolo	Caracteres e estados
st	Secção transversal da lâmina foliar: 1= plana; 2= conduplicada; 3= convoluta; 4= involuta;
cl	Consistência da lâmina foliar: 1= membranácea; 2= herbácea; 3= fibrosa; 4= cartácea; 5= coriácea; 6= crassa;
tc	Tipo de tecido do caule: 1= herbáceo; 2= lenhoso; 3= acaule; 4= semi-lenhoso;
sd	Superfície dorsal da lâmina foliar: 1= lisa; 2= escabra; 3= estriada; 4= punctata; 5= glauca;
sv	Superfície ventral da lâmina foliar: 1= lisa; 2= escabra; 3= estriada; 4= punctata; 5= glauca;
in	Indumento: 1= glabra; 2= serícea; 3= tomentosa; 4= pubescente; 5= pubérula;
rl	Resistência da lâmina foliar: 1 a 4;
ll	Largura da lâmina foliar: 1= < 2,5mm; 2= 2,5 – 5 mm; 3= 5 – 10 mm; 4= 10 –50 mm; 5= 50 –100 mm; 6= > 100mm; 7= áfila;
ap	Altura da planta: 1= < 2,5 cm; 2= 2,5 – 5 cm; 3= 5 – 10 cm; 4= 10 – 20 cm; 5= 20 – 50 cm; 6= 50 – 100 cm; 7= > 100cm
fc	Forma de crescimento: 1= ereta; 2= cespitosa; 3= prostrada com xilopódio; 4= prostrada sem xilopódio; 5= volúvel com xilopódio; 6= rosulada com rizoma; 7= rosulada com bulbo; 8= rizomatosa; 9= cespitosa rizomatosa; 10= prostrada rizomatosa; 11= cespitosa estolonífera.
sp	Espécie

Em dezembro de 2000 procedeu-se a coleta de amostras de solo com trado calador, a uma profundidade de 0 a 3 cm, nas doze parcelas referentes as três repetições dos tratamentos pastejo com e sem adubação e excluído com e sem adubação. As determinações foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos da Fepagro, conforme metodologia descrita em Tedesco *et al.* (1995) (Tabela 2).



TABELA 2. Características químicas do solo nas três repetições (1,2,3) dos tratamentos: excluído com (EC) e sem (ES) adubação; pastejo com (PC) e sem (PS) adubação numa área de pastagem natural, no Centro de Pesquisa de Forrageiras da Fepagro, em São Gabriel, RS. Amostragem de solo realizada em dezembro de 2000 numa profundidade de 0 a 3 cm.

Trat.	Variáveis de solo											
	P	K	pH	Al	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Mn	Fe
	---mg.L <sup>-1</sup> ---		H <sub>2</sub> O	----	me.100mL <sup>-1</sup> ----							-----mg.L <sup>-1</sup> -----
E1C	14,6	215	6,1	0	10,6	7,0	25,8	0,99	5	0,4	29	0,3
E1S	8,1	207	6,6	0	12,3	8,2	27,5	1,12	5,5	0,8	21,4	0,29
E2C	10,5	182	5,2	0,3	5,6	3,1	21,3	1,06	4,5	0,4	112	0,3
E2S	3,5	181	5,4	0	7,2	4,4	23,7	0,91	4,4	0,5	110	0,3
E3C	19,8	189	5,8	0,2	9	5,8	29,2	1,25	3,8	0,1	69,3	0,29
E3S	4,3	153	6,2	0	9,2	6,2	39,3	1,13	2,5	0,1	48,5	0,27
P1C	7,3	218	5,5	0,3	6,1	3,9	42,7	0,98	4,1	0,6	118,8	0,29
P1S	6,5	271	5,5	0,2	6,9	4	36	1,28	6,7	0,8	122,1	0,29
P2C	19,8	207	6,6	0,2	12,1	6,4	24,7	1,21	4,9	0,4	25,4	0,29
P2S	8,9	175	6,1	0	8,6	6,7	24,7	0,75	7	0,5	39,6	0,28
P3C	15,4	168	6,2	0,1	11,5	7,6	16,9	0,83	4,5	0,5	37,9	0,34
P3S	5,7	184	6,4	0,1	9,4	6,6	24,2	0,98	3	0,2	42,2	0,26

Na análise exploratória, considerou-se vários procedimentos de análise. Inicialmente agrupou-se os quatro quadros por parcela, com o objetivo de diminuir a indeterminância analítica. Após, determinou-se o subconjunto ótimo de atributos para as seguintes situações:

1. Dados de abundância e cobertura transformados para a escala de van der Maarel (1979) que atribui valores numéricos de 1 a 9 aos símbolos da escala de Braun-Blanquet (Tabela 3). Neste caso, considerou-se como fatores ambientais: níveis de pastejo e níveis de adubação, usando dados binários,

(presença ou ausência de pastejo ou adubação). Além destes, foram consideradas, em outra análise, as variáveis de solo.

2. Dados de abundância e cobertura da escala de Braun-Blanquet transformados para percentagem de cobertura, conforme Tuxen-Ellenberg (1937) (Tabela 3), citado por van der Maarel (1979), considerando como fator ambiental as variáveis de solo.

TABELA 3. Correspondência das escalas de abundância e cobertura da escala de Braun-Blanquet e escala de van der Maarel e percentagem de cobertura, conforme Tuxen-Ellenberg.

Escala de Braun-Blanquet	Escala de van der Maarel	Percentagem de cobertura, conforme Tuxen-Ellenberg
R	1	0,01
+	2	0,1
1	3	2,5
2	5	15
3	7	37,5
4	8	62,5
5	9	87,5

Para análise dos dados foram utilizados os programas SYNCOSA (software for character-based community analysis) (Pillar, 2001a) e MULTIV (Pillar, 2001b). No aplicativo SYNCOSA executou-se algoritmos para a determinação do subconjunto ótimo de atributos e grupos de tipos funcionais, além de medidas de congruência e análise de ordenação. No aplicativo MULTIV efetuou-se, além de análise de ordenação, testes de significância de eixos de ordenação (Pillar, 1999b) e análise de variância multivariada com teste de aleatorização (Pillar, 1996).

Usando a otimização algorítmica (Pillar, 1999a) modificada para definição politética de tipos funcionais (Pillar & Sosinski, 2002), implementada no software SYNCSA (Pillar, 2001a), foi obtido um subconjunto ótimo, do conjunto de atributos iniciais, que maximizou a congruência  $\rho(\mathbf{D};\Delta)$  entre variação da vegetação e variação dos fatores ambientais considerados (pastejo, adubação e variáveis de solo). A congruência foi medida pela matriz de correlação entre dissimilaridades de comunidades descritas pelos grupos de tipos funcionais (matriz  $\mathbf{D}$ ) e as diferenças absolutas dos fatores ambientais considerados (matriz  $\Delta$ ). A medida de semelhança utilizada foi a distância de corda sem ajuste para conjuntos difusos. Os dados que descrevem a vegetação pelos grupos de tipos funcionais ótimos foram submetidos à ordenação (análise de coordenadas principais - PCOA) para revelar tendências relevantes de variação (Pillar & Orlóci, 1993) e à análise multivariada da variância com teste de aleatorização para avaliar a significância da resposta da vegetação caracterizada por grupos de tipos funcionais, a níveis de pastejo e adubação.

### 3.3. Resultados e discussão

A análise da performance dos indivíduos com base nos dados de abundância e cobertura da escala de Braun-Blanquet, transformados para a escala de van der Maarel (1979) e níveis de pastejo (pastejo e exclusão) como fator ambiental evidenciou uma congruência de 0,92. Conforme observa-se na Figura 1, o subconjunto ótimo de atributos que maximizou a função  $\rho(\mathbf{D};\Delta)$  foi altura da planta, consistência da lâmina foliar e superfície ventral da lâmina

foliar, tendo no máximo 11 grupos de tipos funcionais. A menor congruência foi obtida com o atributo espécie, confirmando os resultados obtidos por Boggiano (1995); Quadros (1999) e Castilhos & Pillar (2001). Desta forma, confirma-se que o uso de atributos é o mais apropriado para caracterizar a vegetação quando o objetivo do estudo é avaliar efeitos de pastejo na vegetação. Altura da planta está entre os atributos mais importantes quando se deseja avaliar o impacto do pastejo na comunidade vegetal, pois está associada a um mecanismo de escape (Diaz, *et al.*, 2001b). Em áreas excluídas do pastejo a altura da planta está relacionada à competição por luz, pois plantas de maior altura são mais competitivas. Também, quando se avalia o comportamento ingestivo dos animais, a altura das plantas é considerada uma variável estrutural de extrema importância (Carvalho *et al.*, 2001), pois constitui em bom indicador da quantidade de alimento disponível.

Por outro lado, para o fator ambiental níveis de adubação (com ou sem NPK) a congruência foi muito baixa (0,045). Em função disto, procurou-se definir o subconjunto ótimo de atributos utilizando como fator ambiental as variáveis de solo, em substituição ao fator níveis de adubação. Não foi observada melhora na congruência, pois a mesma foi de 0,05.

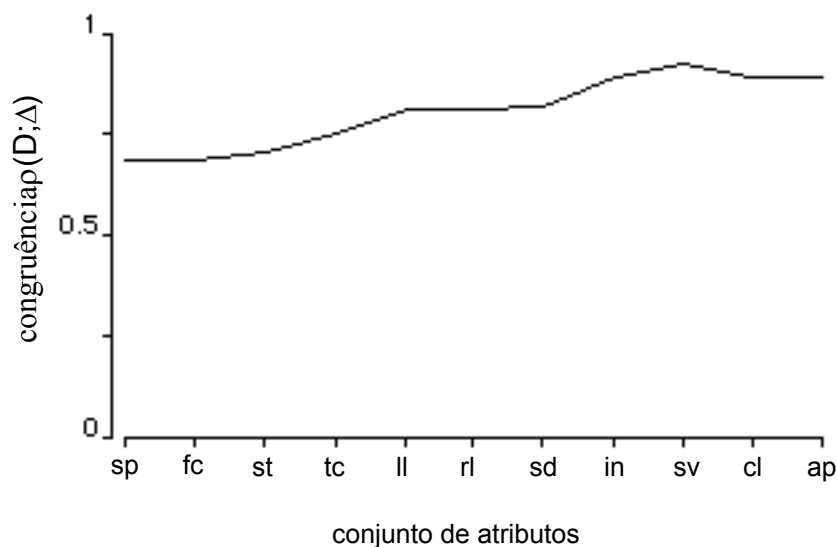


FIGURA 1. Perfil da congruência máxima  $\rho(\mathbf{D};\Delta)$  entre as matrizes de distância ( $\mathbf{D}$ ) com base na vegetação e matriz de distância ( $\Delta$ ) com base nos níveis de pastejo, com grupos de tipos funcionais nítidos. No eixo horizontal apresenta-se o conjunto de atributos considerados cumulativamente da direita para a esquerda. O número ótimo, respectivamente, de grupo de tipos funcionais, da direita para a esquerda, é: 2, 6 e 11.

Quando o subconjunto ótimo foi definido considerando como dado de performance a percentagem de cobertura conforme Tuxen-Ellenber (1937) como fator ambiental todas as variáveis de solo estudadas, a congruência foi de 0,06. A baixa congruência obtida nestas análises indica que o conjunto de atributos usado pode não ter sido o mais apropriado para revelar efeitos de adubação na vegetação. Mais estudos devem ser desenvolvidos no sentido de definir atributos que sejam relevantes para descrição da vegetação nestas condições, pois é sabido que o uso deste insumo promove modificações na composição florística da vegetação bem como aumentos na capacidade de suporte da pastagem (Moojen, 1991; Gomes *et al.*, 1996; Castilhos *et al.*, 1997; Boggiano, 2000).

Os dados descrevendo a vegetação pelos grupos de tipos funcionais, por meio do subconjunto ótimo de atributos para o fator pastejo (altura da planta, consistência da lâmina foliar e superfície ventral da lâmina foliar), foram submetidos à ordenação (análise de coordenadas principais) com o objetivo de revelar tendências mais relevantes de variação. Conforme observa-se no diagrama de dispersão (Figura 2) 73,5 % da variação total é explicada pelo eixo 1 enquanto que 16,9% pelo eixo 2. Também, é nítida a distinção entre as unidades amostrais referentes as áreas pastejada (1) e excluída (0) do pastejo. Ao longo do eixo 1 observa-se um gradiente relacionado, principalmente, com altura da planta, pois os grupos de tipos funcionais (c1, c2 e c4), nas áreas excluídas, apresentam altura variando de 10 a 100 cm, enquanto que nas áreas pastejadas a altura dos grupos de tipos funcionais (c6, c7, c8, c10 e c11) variam de 2,5 a 20 cm. A consistência herbácea da lâmina foliar é predominante na maioria dos grupos de tipos funcionais das áreas pastejadas. Indivíduos de mesma espécie compõem diferentes grupos de tipos funcionais, no entanto, indivíduos de *Paspalum notatum*, *Desmodium incanum* e *Hypoxis decumbens* são exclusivos do grupo c6, característico da área pastejada. *Paspalum notatum* é uma espécie característica de ambientes pastejados, em decorrência de sua estratégia de resistência ao pastejo. A menor cobertura dos indivíduos destas espécies nas áreas excluídas do pastejo pode ser em função do sombreamento causado pela espécies de maior altura, dificultando a captação de luz, e conseqüentemente, diminuindo o seu desenvolvimento. Boldrini & Eggers (1997) também constataram uma predominância de espécies de hábito rasteiro em áreas pastejadas. Noy-Meir

et al. (1989) evidenciaram associação entre resposta ao pastejo e forma de vida das plantas, ressaltando que plantas com mais de 50 cm na maturidade são as que aumentam sua abundância relativa sob proteção, enquanto que plantas prostradas ou eretas, com altura menor que 20 cm, bem como plantas em roseta, aumentam sob pastejo.

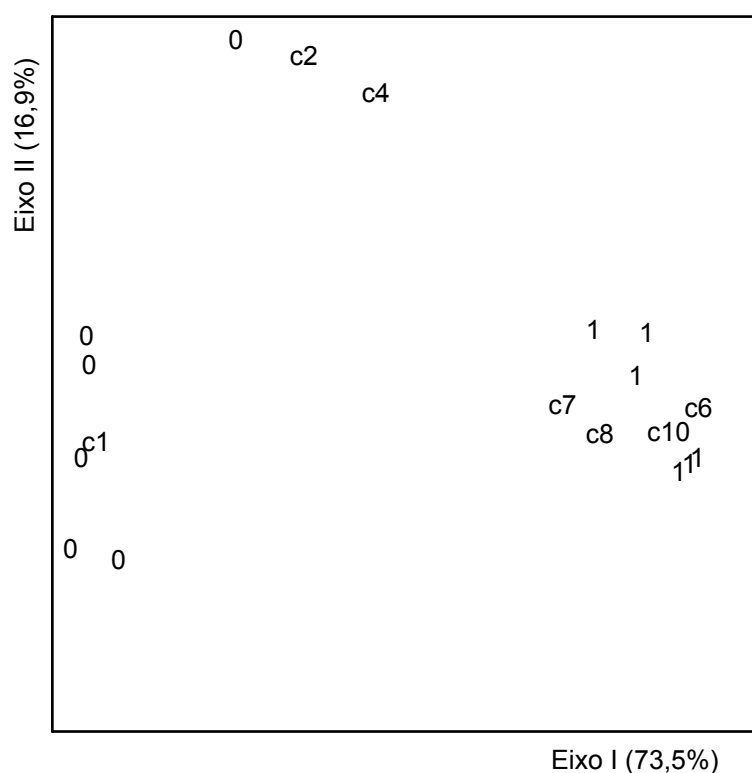


FIGURA 2. Análise de Coordenadas Principais baseada em distância de corda para unidades amostrais de uma pastagem natural de São Gabriel, RS, pastejadas (1) e excluídas (0), descritas por grupos de tipos funcionais (crisp) baseados no conjunto de atributos (altura da planta, consistência da lâmina foliar e superfície ventral da lâmina foliar). Grupos de tipos funcionais (c1; c2; c4; c6; c7; c8; c10; c11) com correlações mais altas ( $|r| > 0.5$ ) com os dois componentes principais estão indicadas no espaço de ordenação. São Gabriel, RS.

A avaliação da significância dos eixos de ordenação verifica se os padrões de vegetação observados são consistentes, ou seja, a probabilidade

das tendências de variação observadas através da ordenação de dados obtidos de um levantamento se manterem ao se repetir o levantamento no mesmo universo amostral (Pillar, 2002). O teste aplicado aos dados indicou suficiência amostral a partir de 12 unidades amostrais e significância do eixo 1 de ordenação ( $P = 0,09$ ), apresentando padrões consistentes de variação (Figura 3).

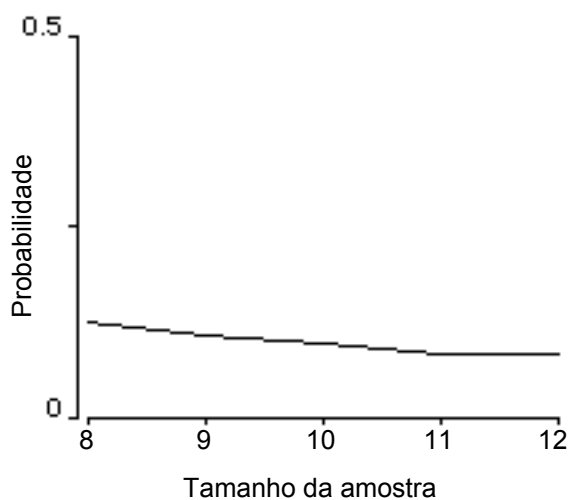


FIGURA 3. Significância do eixo 1 para a escala de 12 unidades amostrais, considerando um  $\alpha = 0,1$ , após 1000 iterações de reamostragem *bootstrap*. O eixo horizontal representa tamanhos crescentes de amostragem.

Ao compararmos os tratamentos pelo teste de aleatorização (Tabela 4), os tratamentos, utilizando como descritores das comunidades os tipos funcionais definidos pelo subconjunto de atributos (**ap**, **cl** e **sv**) que maximizaram a congruência com pastejo, foi observada diferença significativa ( $P = 0,099$ ) entre os tratamentos pastejado e excluído.



TABELA 4. Teste de aleatorização avaliando efeito do fator pastejo utilizando como descritores das comunidades os grupos de tipos funcionais definidos pelo subconjunto de atributos **ap**, **cl** e **sv**.

Fonte de variação	Soma de Quadrados	Probabilidade ( $Qb_0 \geq Qb$ )
Pastejo	2,4805	0,099

### 3.4. Conclusões

A utilização de atributos morfológicos na caracterização da vegetação permite maximizar a congruência entre a composição da vegetação e variáveis ambientais (níveis de pastejo).

O subconjunto ótimo de atributos para o fator níveis de pastejo é formado pelos atributos altura da planta, consistência da lâmina foliar e superfície ventral da lâmina foliar.

Para avaliar efeito de adubação os atributos testados neste estudo não são os mais apropriados para definir tipos funcionais.

Os indivíduos que fazem parte dos grupos de tipos funcionais das áreas excluídas apresentam altura variando de 10 a 100 cm e nas áreas pastejadas de 2,5 a 20 cm. A consistência herbácea da lâmina foliar é predominante na maioria dos grupos de tipos funcionais das áreas pastejadas.

#### **4. CONCLUSÕES GERAIS**

O pastejo é o fator determinante do tipo de comunidade vegetal resultante após três anos de avaliação, pois independente das condições de fertilidade do solo as trajetórias das repetições convergem para uma vegetação com composição florística semelhante. A divergência observada nas áreas excluídas do pastejo pode ser efeito de escala espacial.

O uso de tipos funcionais, que são definidos pelos atributos altura da planta, consistência da lâmina foliar e superfície ventral da lâmina foliar, permite a caracterização de áreas pastejadas ou excluídas do pastejo. Os atributos testados para avaliar o efeito da adubação não são os mais apropriados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica de vegetação observada neste estudo evidencia a forte influência do pastejo na composição de espécies, o que confirma as informações encontradas na literatura. A exclusão do pastejo proporcionou o surgimento de vegetação arbustiva? A adubação influenciou esse processo? A exclusão favoreceu o desenvolvimento de espécies de gramíneas cespitosas, sendo inexpressivas as espécies arbustivas e o efeito da adubação foi observado no primeiro ano de avaliação. Considera-se prematura qualquer inferência com relação ao estágio de sucessão após a exclusão da área avaliada, pois o período de avaliação foi de apenas três anos. Sugere-se a continuidade do estudo por vários anos para permitir a formulação de modelos preditivos da dinâmica vegetacional para a comunidade estudada. Além disso, deve-se acrescentar o estudo de banco de sementes do solo, bem como a avaliação do efeito da escala espacial na área excluída.

O uso de tipos funcionais foi satisfatório na caracterização dos ambientes avaliados? Os tipos funcionais revelaram uma distinção entre os ambientes pastejados e excluídos do pastejo. No entanto, para estudos futuros deve ser acrescentado ao conjunto de atributos a ser avaliado, os caracteres área foliar específica, teor de matéria seca, comprimento da

lâmina foliar e densidade de afillhos. Também, o atributo forma de crescimento deverá ser separado em três novos atributos: inclinação da planta (ereta; prostrada), propagação lateral (nenhuma, cespitosa, rizomatosa, estolonífera) e órgãos de reserva (nenhum, rizoma, bulbo, xilopódio).

A complexidade de estudos desta natureza, onde uma série de fatores são considerados, exige a formação de equipes interdisciplinares. O difícil trabalho em equipe deve ser mais exercitado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.B.; WILSON, J.B.; MASON, C.R.. Vegetation change following exclusion of grazing animal in depleted grassland, Central Otago New Zealand. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 6, p. 615-626, 1995.
- ALTESOR, A. J.; DI LANDRO, E.; MAY, H.; EZCURRA, E. Long-Term species change in a Uruguayan grassland. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 9, n. 2, p. 173-180, 1998.
- ALTESOR, A.J.; OESTERHELD, M.; LEZAMA, F. et al. Effect of grazing exclosure on community structure and productivity of an Uruguayan grassland. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 45, 2002, Porto Alegre, Brasil. **Abstracts....** Porto Alegre: UFRGS: IAVS, 2002. p. 102.
- ANAND, M. The fundamental nature of vegetation dynamics- a chaotic synthesis. **Coenoses**, Gorizia, v. 12, n. 2-3, p. 55-62, 1997.
- ANAND, M.; HEK, G.W. Analysis of a recovery process: Dwingelose Heide revised. **Community Ecology**, Budapest, v. 1, n. 1, p. 65-72, 2000.
- ARCHER, S. Assessing and interpreting grass-woody plant dynamics. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB, 1996. p. 101-134.
- BAPTISTA, L.R.M.; LONGHI-WAGNER, H.M. **Lista preliminar de espécies ameaçadas da flora do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, Seção regional do Rio Grande do Sul, 1998. 16p.
- BARRETO, I.L.; BOLDRINI, I.I. Aspectos físicos, vegetação e problemática das regiões do Litoral, Depressão Central e Planalto do Rio Grande do Sul, Brasil. In: PUIGNAU, J.P. (ed.) **Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el cono sur**. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1990. p. 199 a 210. (Dialogo/ IICA-PROCISUR, 28).
- BELSKY, A.J. Effects of grazing, competition, disturbance and fire on species composition and diversity in grassland communities. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 3, p. 187-200, 1992.

- BIONDINI, M. E.; PATTON, B. D.; NYREN, P. E. Grazing intensity and ecosystem processes in a northern-grass prairie, USA. **Ecological Applications**, Massachusetts, v. 8, n.2, p. 469-479, 1998.
- BLIGH, R.J. Pastures for prosperity. 1. The global environment of pasture based industries – beef and sheep meat. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 30, p. 18-22, 1996.
- BOGGIANO, P.R. **Relações entre estrutura da vegetação e pastejo seletivo de bovinos em campo natural**. Porto Alegre, 1995. 150f. Dissertação (Mestrado-Plantas Forrageiras) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.
- BOGGIANO, P.R. **Dinâmica da produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem**. Porto Alegre, 2000. 191f. Tese (Doutorado-Plantas Forrageiras) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- BOGGIANO, P.R.; MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. et al. Efeito da adubação nitrogenada (N) e da oferta de forragem (OF) a composição botânica da pastagem natural. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE-SUL – ZONA CAMPOS, 17, 1998, Lages. **Anais...** Lages: Epagri/UFES, 1998. p.132.
- BOLDRINI, I.I. **Dinâmica de vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solos, Depressão Central, Brasil**. Porto Alegre, 1993. 262f. Tese (Doutorado-Plantas Forrageiras) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.
- BOLDRINI, I.I. **Campos do Rio Grande do Sul: caracterização fisionômica e problemática ocupacional**. Porto Alegre: Instituto de Biociências, 1997. 39p. (Boletim do Instituto de Biociências, 56)
- BOLDRINI, I.I.; EGGERS, L. Vegetação campestre do Sul do Brasil: dinâmica de espécies à exclusão do gado. **Acta Botânica Brasílica**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 37-50, 1996.
- BOLDRINI, I.I.; EGGERS, L. Directionality of succession after grazing exclusion in grassland in the south of Brazil. **Coenoses**, CETA, Gorizia, v.12, n.2-3, p. 63-66, 1997.

- BOLDRINI, I.I.; PILLAR, V.D.; MARASCHIN, G.E. Vegetation dynamics during five years of experimentally controlled grazing pressure on campos grasslands. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 45, 2002, Porto Alegre, Brasil. **Abstracts....** Porto Alegre: UFRGS: IAVS, 2002. p.127
- BOTERO, J.A.B. Contribucion de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de carbono. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2000. CD-ROM.
- BOX, E.O. Plant functional types and climate at the global scale. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 7, p. 309-320, 1996.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico , 30)
- BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. **The Ecology and Management of Grazing Systems**. Oxon: CAB, 1996. p. 37-67.
- BRISKE, D.D. Plant traits determining grazing resistance: why have they proved so elusive? In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 6, Townsville, Queensland, Austrália, 1999. **Proceedings: People and rangelands: building the future**. Townsville, Queensland, Austrália: [s.n.], 1999. v. 2, p. 901-905.
- BRISKE, D.D. & RICHARDS, J H. Plant Responses to Defoliation: A Physiological, Morphological and Demographic Evaluation. In: BEDUNAH, D.J.; SOSEBEE, R.E. **Wildland Plants: Physiological Ecology and Developmental Morphology**. Denver: Society for Range Management, 1995. p. 635-710.
- BULLOCK, J.M.; CLEAR HILL, B.; DALE, M.P. et al. An experimental study of the effects of sheep grazing on vegetation change in a species poor grassland and the role seeding recruitment into gaps. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, n. 31, p. 493-507, 1994.
- CALVIÈRE, I.; DURU, M. The effect of N and P fertilizer application and botanical composition on the leaf/stem ratio patterns in spring in Pyrenean meadows. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 54, p. 255-266, 1999.
- CARVALHO, P.C.F.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; POLI, C.H.E.C. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas

- pelo animal em pastejo. In: MATTOS, W.R.S. *et al.* **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 853-871.
- CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A. Produção e qualidade de uma pastagem natural submetida a tratamentos de introdução de Trevo vesiculoso cv. Yuchi (*Trifolium vesiculosum* Savi), ceifa e queima. **Anuário Técnico do IPZFO**, Porto Alegre, n. 11, p.103-144, 1984.
- CASTILHOS, Z.M.S.; PILLAR, V.P. Dinâmica vegetacional de uma pastagem natural sob diferimento e adubação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. CD- ROM.
- CASTILHOS, Z.M.S.; PILLAR, V.P. Evaluation of plant functional types response to grazing and fertilizer levels in natural grassland. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, São Pedro, São Paulo, Brasil. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, 2001. p. 332-333.
- CASTILHOS, Z.M.S.; FONTE, L.A.M.; RODRIGUES, C.O. *et al.* Pastagem natural sob diferentes períodos de diferimento e níveis de adubação, para pastejo no outono. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 298-299.
- CHAPIN III, F.S.; McNAUGHTON, S.J. Lack of compensatory growth under phosphorus deficiency in grazing – adapted grasses from Serengeti Plains. **Oecologia**, Berlin, v. 79, p. 551-557, 1989.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Palmerston North, New Zealand. **Proceedings...** Palmerston North: Keeling & Mundi, 1993. p. 95-104.
- CLEMENTS, F.E. **Plant Sucession and indicators**. New York: Hafer, 1928. 453p.
- COLLINS, S.L.; GLENN, M.; GIBSON, D.J. Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: decoupling cause and effect. **Ecology**, Washington, p. 486-492, 1995.
- CORNELISSEN, J.H.C.; PEREZ-HARGUINDEGUY N.; DIAZ, S. *et al.* Leaf structure and defence control litter decomposition rate species and life forms in regional floras on two continents. **New Phytologist**, New York, v. 143, n.1, p. 191-200, 1999.
- CRAWLEY, M.J. The structure of plant communities. In: CRAWLEY, M.J. **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific, 1986. p.475-531.



- DENSLOW, J.S. Disturbance - Mediated coexistence of species . In: PICKETT, S.T.A.; WHITE, P.S. **The ecology of natural disturbance and patch dynamics**. San Diego: Academic Press, 1993. p. 307-323.
- DIAZ, S.; ACOSTA, A.; CABIDO, M. Morphological analysis of herbaceous communities under different grazing regimes. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n. 3, p. 689-696, 1992.
- DIAZ, S.; CABIDO, M. Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n. 8, p. 463-474, 1997.
- DIAZ, S.; CABIDO, M. ; ZAK, M. et al. Plant functional traits, ecosystem structure and land-use history along a climatic gradient in Central-Western Argentina. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n.10, p. 651-660, 1999a.
- DIAZ, S.; PEREZ-HARGUINDEGUY N.; VENDRAMINI, F. et al. Plant traits as links between ecosystem structure and functioning. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 6, Townsville, Queensland, Austrália, 1999b. **Proceedings: People and rangelands: building the future**. Townsville, Queensland, Austrália: [s.n.], 1999b. v. 2, p. 896-901.
- DIAZ, S.; NOY-MEIR, I.; CABIDO, M. Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 38, n.3, p. 497-508, 2001a.
- DIAZ, S.; LAVOREL, S.; McINTYRE, S. *et al.* Plant functional types in relation to disturbance and land use: Synthesis and challenges. In: WORKSHOP, 2, 2001, Valencia. **Abstracts...** Valencia: GCTE, 2001b. 35p.
- DÜRR, J.W.; CASTILHOS, Z.M.S.; FLORES, A.I.P. Melhoria da pastagem natural: queima, ceifa, pastejo intenso e adubação como modificadores da composição florística. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n.2, p. 330-340, 1993.
- DURU, M.; HUBERT, B. De-intensification of grasslands: current state and trends. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, São Pedro, São Paulo, Brasil. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, 2001. p. 985-986.
- EGGERS, L. **Morfogênese e desfolhação de *Paspalum notatum* Fl. e *Coelorhachis selloana* (Hack.) Camus em níveis de oferta de forragem**. Porto Alegre, 1999. 148f. Tese (Doutorado-Plantas Forrageiras) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.
- ESCOSTEGUY, C.M.D. **Avaliação agronômica de uma pastagem natural sob níveis de pressão de pastejo**. . Porto Alegre, 1990. 231f. Dissertação (Mestrado-Plantas Forrageiras)- Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.
- FACELLI, J.M.; D'ANGELA, E. Directionality, convergence, and rate of change during early succession in the Inland Pampa, Argentina. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n. 1, p. 255-266, 1990.
- FLORET, C.; GALAN, M.J.; LEFLOC'H, E. et al. Growth forms and phenomorphology traits along an environmental gradient: tools for studying vegetation. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 1: p. 71-80, 1990.
- FRANK, D.A.; McNAUGHTON, S.J. Stability increases with diversity in plant communities: empirical evidence from the 1988 yellowstone drought. **Oikos**, Copenhagen, n. 62, p. 360-362, 1991.
- FRIEDEL, M.H. Range condition assessment and the concept of thresholds: A viewpoint. **Journal of Range Management**, Denver, v. 44, n.5, p. 422-426, 1991.
- GASTAL, F.; NELSON, C. Nitrogen use within the growing leaf blade of Tall Fescue. **Plant Physiology**, Rockville, v. 105, p. 191-197, 1994.
- GLEASON, H.A. The individualistic concept of the plant association. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, New York, n. 53, p. 7-26, 1926.
- GLENN-LEWIN, D.C.; van der MAAREL, E.; VEBLEN, T.T. Patterns and processes of vegetation dynamics. In: GLENN-LEWIN, D. C. ; PEET, R. K.; VEBLEN, T. T. **Plant Sucession: theory and prediction**. London: Chapman and Hall, 1992. Cap. 1, p.11-59. (Population and community biology, 11).
- GOMES, K.E. **Dinâmica e produtividade de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul após seis anos de aplicação de adubos, diferimentos e níveis de oferta de forragem**. Porto Alegre, 1996. 225f. Tese (Doutorado-Plantas Forrageiras) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

- GOMES, K.E.; MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. Evolução de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul após cinco anos da aplicação de adubos, diferimentos e níveis de oferta de forragem. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL DO CONE SUL (ZONA CAMPOS) EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS FORRAGEIROS DAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL, 16, 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 1996. p. 87-89.
- GOMEZ SAL, A.; DE MIGUEL, J.M.; CASADO, M.A. et al. Sucessional changes in the morphology and ecological responses of a grazed pasture ecosystem in Central Spain. **Vegetatio**, The Hague, n. 67, p. 33-44, 1986.
- 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.; GONZAGA, S.S. **Evolução da vegetação de um campo natural (excluído e pastejado) e autoecologia de plantas indesejáveis**. Bagé: EMBRAPA-CNPO, 1990. 26p. (Boletim de pesquisa, 15).
- GRIME, J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**, Chicago, v. 111, n. 982, p. 1169-1194, 1977.
- GRIME, J.P. **Plant strategies and vegetation processes**. Chichester : John Wiley & Sons, 1983. 203 p.
- GRIME, J.P. The role of plasticity in exploiting environmental heterogeneity. In: CALDWELL, M.M.; PEARCY, R.W. **Exploitation of environmental heterogeneity by plants: ecophysiological processes above and belowground**. San Diego : Academic Press, 1994. p. 1-19.
- GRIME, J.P.; CORNELISSEN, J.H.C., THOMPSON, K.; HODGSON, J.G. Evidence of a causal connection between anti-herbivore defence and the decomposition rate of leaves. **Oikos**, Copenhagen, v. 77, n. 3, p. 489-494, 1996.
- GRIME, J.P.; THOMPSON, K.; HUNT, R.; HODGSON, J.G., et al. Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants. **Oikos**, Copenhagen, v. 79, p.259-281, 1997.
- GUOFAN, S.; SHUGART, H.H.; HAYDEN, B.P. Functional classifications of coastal barrier island vegetation. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 7: p. 391-396, 1996.
- HEITSCHMIDT, R.K.; WALKER, J.W. Grazing management: Tecnology for sustaining rangeland ecosystems? In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL

- SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 303-331.
- HERINGER, I. **Efeito do fogo por longo período e de alternativas de manejo sobre o solo e a vegetação de uma pastagem natural**. Porto Alegre, 2000. 208f. Tese (Doutorado-Plantas Forrageiras) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- IBGE. **Resultados do censo agropecuário para o Rio Grande do Sul**. Disponível em: <http://www.ibge.net/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/43/d43-t01.shtm>. Acesso em: 23 de março de 2002.
- INOUYE, R.S.; TILMAN, D. Convergence and divergence of old-field vegetation after 11 yr of nitrogen addition. **Ecology**, St. Paul, v. 76, n. 6, p. 1872-1887, 1995.
- JARAMILHO, J.V.; DETLING, J.K. Grazing history, defoliation and competition effects on shortgrass production and nitrogen accumulation. **Ecology**, St. Paul, v. 69, n. 5, p. 1599-1608, 1988.
- KLEIN, R.M. Aspectos dinâmicos da vegetação do Sul do Brasil. **Anais Botânicos do Herbário "Barbosa Rodrigues"**, Itajaí, n.36, p. 5-54, 1984.
- KOZLOSKI, G.V.; CIOCCA, M.L.S. Energia e sustentabilidade em agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 737-745, 2000.
- KUIPER, D.; KUIPER, J.C. Phenotypic plasticity in a physiological perspective. **Acta Ecologica**, Netherlands, v. 9, n. 1, p. 43-59, 1988.
- LANDSBERG, J.; LAVOREL, S.; STOL, J. Grazing response groups among understory plants in arid rangelands. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 10, p. 683-696, 1999.
- LAVOREL, S.; McINTYRE, S.; GRIGULIS, K. Plant response to disturbance in a Mediterranean grassland: How many functional groups? **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 10, p. 661-672, 1999.
- LAYCOCK, W. A. Stable states and thresholds of range condition on North American rangelands: A viewpoint. **Journal of Range Management**, Denver, v.44, n. 5, p. 427-33, 1991.
- LEAVER, J.D.; WEISSBACH, F. Trends in intensive temperate grassland systems. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993,

- Palmerston North, New Zealand. **Proceedings...** Palmerston North: Keeling & Mundi, 1993. p. 558-562.
- LEPS, J.; OSBORNOVÁ-KOSINOVA, J.; REJMÁNEK, M. Community stability, complexity and species life history strategies. **Vegetatio**, Dordrecht, n. 50, p. 53-63, 1982.
- LEPS, J.; REJMANEK, M. Convergence or divergence – What should we expect from vegetation succession. **Oikos**, Copenhagen, v. 62, n. 2, p. 261-264, 1991.
- MACHADO, F.P. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950. p.8-9.
- MARASCHIN, G.E. Production potential of South America grasslands. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, São Pedro, São Paulo, Brasil. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, 2001. p. 5-15.
- MARGALEF, R. **Perspectives in Ecological Theory**. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1968.
- MASCHINSKI, J.; WHITHAM, T.G. The continuum of plant responses to herbivory: the influence of plant association, nutrient availability and timing. **The american naturalist**, Chicago, v. 134, n. 1, p. 2-19, 1989.
- MATCHES, A.G. Plant response to grazing: A review. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 5, n.1, p.1-7, 1992.
- McINTOSH, R.P. The relationship between succession and the recovery process in ecosystems. In: J. CAIRNS. **The recovery process in damaged ecosystems**. Michigan: Ann Arbor Science, 1980. p. 11-62.
- McINTYRE, S. Plant functional types – recent history and current developments. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 6, Townsville, Queensland, Austrália, 1999. **Proceedings...** People and rangelands: building the future. Townsville, Queensland, Austrália: [s.n.], 1999. v. 2, p. 891-893.
- McINTYRE, S.; DIAZ, S.; LAVOREL, S.; CRAMER, W. Plant functional types and disturbance dynamics – Introduction. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n. 10, p. 604-608, 1999.
- McINTYRE, S.; LAVOREL, S.; LANDSBERG, J. *et al.* Disturbance response in vegetation - towards a global perspective on functional traits. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n.10, p. 621-630, 1999.

- McIVOR, J.G. Distribution and abundance of plant species in pastures and rangelands. In: BAKER, M.J. **Grasslands for our World**. New Zealand: Wellington, 1993. p. 558-62.
- McNAUGHTON, S.J. Diversity and stability of ecological communities: A comment on the role of empiricism in Ecology. **The american naturalist**, Chicago , v. 111, p. 515-525, 1977.
- MILES, J. **Vegetation dynamics**. New Fetter Lane: Chapman and Hall, 1979, 80p.
- MILCHUNAS, D.G.; LAUENROTH, W.K. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. **Ecological monographs**, Durhan, v. 63, n. 4, p. 327-366, 1993.
- MOOJEN, E.L. **Dinâmica e potencial produtivo de uma pastagem natural do Rio Grande do Sul submetida a pressões de pastejo, épocas de diferimento e níveis de adubação**. Porto Alegre, 1991. 172 f. Tese (Doutorado-Plantas Forrageiras) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul , Porto Alegre, 1991.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. 1961. 41p.
- MORAES, A. de; MARASCHIN, G.E.; NABINGER, C. Pastagens nos Ecossistemas de Clima subtropical. – Pesquisas para o Desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 32, 1995, Brasília, **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p. 147-200.
- MOUNTFORD, J.O.; LAKHANI, K.H.; HOLLAND, R.J. Reversion of grassland vegetation following the cessation of fertilizer application. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 7, p. 219-228, 1996.
- MUELLER – DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: J. Wiley, 1974. 547p.
- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 15-95.
- NABINGER, C. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE. ÊNFASE: MANEJO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DE PASTAGENS, 3, 1998, Canoas. **Anais...** Canoas:ULBRA, 1998. p. 54-107.

- NOBLE, I.R.; HABIBA, G. A functional classification for predicting the dynamics of landscapes. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 7, p. 329-336, 1996.
- NOY-MEIR, I.; GUTMAN, M.; KAPLAN, Y. Responses of Mediterranean grassland plants to grazing and protection. **J. Ecology**, Oxford, v. 77, p. 290-310, 1989.
- ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Science**, Washington, v. 64, p. 262-70. 1969.
- ORLÓCI, L. The complexities and scenarios of ecosystem analysis. In: RAO, C.R. **Multivariate Analysis: Future Directions**. Amsterdam: Elsevier Science, 1993. p. 421-430.
- ORLÓCI, L. **From order to causes**; a personal view concerning syndynamics principles. Honolulu, 2000. 129 p. (Manuscrito)
- ORLÓCI, L.; ORLÓCI, M. Comparison of communities without the use of species: model and example. **Anuali di Botanica**, Roma, v.43, p. 275-285, 1985.
- OSMOND, C.B.; AUSTIN, M.P.; BERRY, J.A.; BILLINGS, W.D.; BOYER, J.S.; DACEY, J.W.H.; NOBEL, P.S.; SMITH, S.D.; WINNER, W.E. Stress physiology and the distribution of plants. **Bioscience**, Washington, v. 37, n.1, p. 38-48, 1987.
- PALMER, M.W. Fractal geometry: a tool for describing spatial patterns of plant communities. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 75, p. 91-102, 1988.
- PANDEY, C.B.; SINGH, J.S. Influence of grazing and soil conditions on secondary savanna vegetation in India. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 2, p. 95-102, 1991.
- PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 20, p. 117-127, 1983.
- PILLAR, V. D. **Fatores de ambiente relacionados a variação de um campo natural**. Porto Alegre, 1988. 164 f. Dissertação (Mestrado-Plantas Porageiras) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.
- PILLAR, V. D. A randomization-based solution for vegetation classification and homogeneity testing. **Coenoses**, Gorizia, v. 11, p. 29-36, 1996.

- PILLAR, V. D. Análise e predição de fenômenos ecológicos em pastagens naturais. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE-SUL – ZONA CAMPOS, 17, 1998, Lages, **Anais...** Lages: Epagri/UDESC. 1998. p.39- 45.
- PILLAR, V. D. On the identification of optimal plant functional types. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v.10, p. 631-640, 1999a.
- PILLAR, V. D. The bootstrapped ordination re-examined. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 10, p. 895-902, 1999b.
- PILLAR, V. D. **SAMPLER, software for sampling optimization**, Porto Alegre:Departamento de Ecologia da UFRGS, 1999c.
- PILLAR, V. D. **MULTIV, software para análise multivariada e testes de hipóteses**. Porto Alegre:Departamento de Ecologia da UFRGS, 2001a.
- PILLAR, V. D. **SYNCSA, software for character-based community analysis**. Porto Alegre: Departamento de Ecologia da UFRGS, 2001b.
- PILLAR, V. D. Suficiência amostral. In: BICUDO, C.; BICUDO, D. **Amostragem em limnologia**. Maringá: Universidade de Maringá, 2002. (no prelo).
- PILLAR, V. D.; BOLDRINI, I.I. Lindman e a ecologia da vegetação campestre do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 13, p. 87-97, 1996.
- PILLAR, V. DE P.; JACQUES, A.V.A.; BOLDRINI, I.I. Fatores de ambiente relacionados à variação da vegetação de um campo natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.8, p. 1089-1101, 1992.
- PILLAR, V. D.; ORLOCI, L. **Character-based community analysis: theory and application program**. The Hague: SPB Academic, 1993. 270p.
- PILLAR, V. D.; ORLOCI, L. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, v. 7, p. 585-592, 1996.
- PILLAR, V. D.; QUADROS, F.L.F. Grassland-forest boundaries in southern Brazil. **Coenoses**, Gorizia, n. 12, v. 2-3, p. 119-126, 1997.
- PILLAR, V. D.; SOSINSKI JUNIOR, E.E. Searching plant functional types: issues for numerical analyses, 2002 (no prelo).



- POORE, M.E.D. The method of successive approximation in descriptive ecology. **Advances in Ecological Research**, New York, v. 1, p. 35-67, 1962.
- POTT, A. **Levantamento fitossociológico da vegetação de um campo natural sob três condições:** pastejado, excluído e melhorado. Porto Alegre, 1974. 223f. Dissertação (Mestrado-Plantas Forrageiras) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974.
- PRIGOGINE, I. **O fim das certezas:** tempo, caos e as leis da natureza. São Paulo : UNESP, 1996. 199 p.
- QUADROS, F.L.F. **Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamentos de queima e pastejo.** Porto Alegre, 1999. 141f. Tese (Doutorado-Plantas Forrageiras) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- SCHLICHTING, C.D. Phenotypic integration and environmental change. What are the consequences of differential phenotypic plasticity of traits? **Bioscience**, Washington, v. 39, n. 7, p. 460-464, 1989.
- SKARPE, C. Plant functional types and climate in a Southern African Savanna. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n. 7, p. 397-404, 1996.
- SOUSA, W.P. The role of disturbance in natural communities. **Annual Review Ecology Systematics**, Palo Alto, v. 15, p. 353-359, 1984.
- SOSINSKY JUNIOR, E.E. **Tipos funcionais em vegetação campestre:** efeitos de pastejo e adubação nitrogenada. Porto Alegre, 2000. 130f. Dissertação (Mestrado-Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; KLAMT, E. Atualização da classificação taxonômica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. **Informativo da EMATER/RS**, Porto Alegre, v. 16, n. 9, 5 p. (Série solos)
- TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, St. Paul , v.16, p. 284-307,1935.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia da UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

- TRLICA, M.J.; RITTENHOUSE, L.R. Grazing and plant performance. **Ecological Applications**, Massachusetts, v. 3, n. 1, p. 21-23, 1993.
- van der MAAREL, E. Transformation of cover – abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 39, n. 2, p. 97-144. 1979.
- WEIHER, E.; Van der WERF, A.; THOMPSON, K. *et al.* Challenging Theophrastus a common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n.10, p. 609- 620, 1999.
- WESTOBY, M. The LHS strategy scheme in relation to grazing and fire. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 6, Townsville, Queensland, Austrália, 1999. **Proceedings...** People and rangelands: building the future. Townsville, Queensland, Austrália: [s. n.], 1999. v. 2, p. 893-896.
- WILSON, P.J.; THOMPSON, K.; HODGSON, J.G. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. **New Phytologist**, New York, n. 143, v.1, p. 155-162, 1999.
- WOODWARD, F.I.; CRAMER, W. Plant functional types and climatic changes: Introduction. **Journal of Vegetation Science**, Uppsala, n. 7, p. 306-308, 1996.

## **7. APÊNDICES**

Apêndice 1. Lista das espécies e respectivos códigos, encontradas nos levantamentos florísticos de novembro de 1998 a dezembro de 2000, em uma área de pastagem natural, no Centro de Pesquisa de Forrageiras, São Gabriel, RS .

---

#### ACANTHACEAE

85 - *Ruellia morongii* Britt.

#### AMARANTHACEAE

77 - *Pfaffia tuberosa* (Spreng.) Hitch

#### APIACEAE (UMBELIFERAE)

39 - *Apium leptophyllum* (Pers.) F. Muell

106 - *Centella* sp.

10 - *Eryngium horridum* Malme

34 - *Eryngium nudicaule* Lam.

#### ASTERACEAE

93a - *Ambrosia* sp.

8 - *Aspilia montevidense* (Spreng.) O.K.

17 - *Baccharis trimera* (Less.) DC.

99 - *Baccharis dracunculifolia* DC.

35 - *Chevreulia acuminata* Less.

53 - *Cirsium vulgare* (Sati) Petrak

92 - *Conyza bonariense* (L.) Cronq.

93 - *Elephantopus mollis* H.B.K.

82 - *Eupatorium adscendens* Schultz-Bip.

105 - *Eupatorium subhastatum* Hook et. Arn

90 - *Gamochaeta americana* (Mill.) Weddell

84 - *Hypochoeris* sp.

75 - *Orthopappus angustifolius* (Sw.) Gleason

61 - *Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less.

72 - *Vernonia flexuosa* Sims

#### CAESALPINACEAE

79 - *Cassia* sp.

#### CYPERACEAE

100 - *Cyperus* sp.

87 - *Kyllinga vaginata* Lam.

9 - *Carex sororia* (Boeck.) Luceno & M. Alves

97 - *Rhynchospora globosa* (Kunth) Roem.

#### CONVOLVULACEAE

22 - *Dichondra sericea* Sw.

83 - *Evolvulus sericeus* Sw.

---

## Apêndice 1 – Continuação.

## FABACEAE

- 4 - *Desmodium incanum* DC.
- 95 - *Galactia marginalis* Benth.
- 15 - *Indigofera asperifolia* Bong. ex Benth.
- 24 - *Macroptilium heterophyllum* (Wild.) Marechal & Baudet
- 42 - *Rhynchosia diversifolia* Micheli
- 86 - *Stylosanthes leiocarpa* Vog.
- 7 - *Stylosanthes montevidensis* Vog.
- 40 - *Trifolium polymorphum* Poir.

## HYPOXIDACEAE

- 45 - *Hypoxis decumbens* L.

## IRIDACEAE

- 31 - *Sisyrinchium laxum* Otto ex Sims

## JUNCACEAE

- 71 - *Juncus* sp.

## LAMIACEAE

- 51 - *Hyptis fasciculata* Bertham

## LYTHRACEAE

- 65 - *Cuphea glutinosa* Cham. et Schlecht.

## MALVACEAE

- 50 - *Sida rhombifolia* L.

## MIMOSACEAE

- 29 - *Desmanthus virgatus* (L.) Wild

## OXALIDACEAE

- 80 - *Oxalis eriocarpa* DC.
- 44 - *Oxalis lasiopetala* Zuccarini

## PLANTAGINACEAE

- 41 - *Plantago* sp.

## POACEAE

- 54 - *Andropogon* sp.
  - 56 - *Andropogon lateralis* Nees
-

Apêndice 1 – Continuação.

- 
- 28 - *Aristida venustula* Arech.
  - 2 - *Axonopus affinis* Chase
  - 30 - *Botriochloa laguroides* (DC.) Pilger
  - 73 - *Briza stricta* Steud
  - 32 - *Briza subaristata* Lam.
  - 88 - *Bromus catharticus* Vahl
  - 58 - *Cynodom dactylon* (L.) Pers
  - 11 - *Coelorhachis selloana* (Hack.) Camus
  - 12 - *Eleusine tristachya* (Lam.) Lam.
  - 5 - *Eragrostis* spp.
  - 57 - *Erianthus trinii* Hackel
  - 52 - *Leptochoryphium lanatum*
  - 47 - *Lolium multiflorum* Lam.
  - 33 - *Melica eremophila* M.A. Torres
  - 38 - *Panicum bergii* Arech
  - 21 - *Panicum sabulorum* Lam.
  - 37 - *Paspalum dilatatum* Poir.
  - 43 - *Paspalum nicorae* Parodi
  - 1 - *Paspalum notatum* Fl.
  - 16 - *Paspalum pauciliatum* Michx.
  - 55 - *Paspalum paniculatum* L.
  - 26 - *Paspalum plicatulum* Michx.
  - 48 - *Paspalum urvillei* Steud.
  - 36 - *Piptochaetium stipoides* (Trin. ex Rupr.) Hack. ex Arech.
  - 98 - *Schizachyrium microstachyum* (Desv.) Ros., Arr. et Izag.
  - 96 - *Schizachyrium tenerum* Nees
  - 14 - *Setaria geniculata* (Lam.) Beauv.
  - 19 - *Sorghastrum* sp.
  - 3 - *Sporobolus indicus* (L.) R. Br.
  - 13 - *Steinchisma hians* (Ell.) Nash
  - 20 - *Stipa setigera* C. Presl
  - 101 - *Stipa yurgensii* Hack.
  - 63 - *Trachypogon montufari* var. *mollis* (H.B.K.)

PRIMULACEAE

- 103 - *Anagalis arvensis* L.

RUBIACEAE

- 91 - *Borreria verticillata* (L.) G.F.W.Mey
- 68 - *Galianthe fastigiata* Griseb.
- 81 - *Relbunium richardianum* (Gill. ex Hook. et Arn.) Hicken

SOLANACEAE

- 104 - *Solanum* cf *americanum* Mill.
-

Apêndice 1 – Continuação.

---

VERBENACEAE

69 - *Verbena montevidensis* Spr.

VIOLACEAE

89 - *Hybanthus bicolor* (St. Hil.) Bail.

---

Apêndice 2. Teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio trocável, valores de pH e CTC efetiva e CTC bases, na camada de solo de 0 a 3cm, em pastagem natural excluída com (EC) e sem (ES) adubo e pastejada com (PC) e sem (PS) adubo, São Gabriel, RS. 1998, 1999 e 2000. Três repetições.

	P	K	pH	Al	Ca	Mg	CTC	S. bases
Ano1998	mg.L-1				me.100mL-1			%
E1C	24,5	230	6,3	0	9,2	4,9	14,7	86,6
E1S	5,1	225	6	0	8,5	5	14,1	86,1
E2C	22,6	212	5,1	0,3	7,2	2,7	10,7	71
E2S	3,5	184	5	0,2	6	3,1	9,8	69,2
E3C	16,1	210	5,8	0	7	4,3	11,8	81,3
E3S	2,8	138	6,2	0	9,3	5,5	15,2	90,5
P1C	35,1	305	5,2	0,3	4,1	2,5	7,7	61,2
P1S	5,7	233	5,2	0,3	5	3,1	9	65
P2C	7,3	222	6	0	6,3	4	10,9	76,9
P2S	5,1	153	5,8	0	7,3	4,5	12,2	81,8
P3C	1,4	63	5,2	0,4	4,4	2,6	7,6	62,6
P3S	3,5	126	6	0	6,1	4,3	10,7	83,8
Ano1999	mg.L-1				me.100mL-1			%
E1C	11,2	198	6,8	0	11,3	6,8	18,9	92,2
E1S	5,7	242	6,2	0	8,4	5,5	14,8	87,6
E2C	10,5	147	5,2	0,3	5,5	3,2	9,7	65,7
E2S	5,7	197	5,4	0,2	6,5	3,7	11,3	76,1
E3C	13,6	201	5,9	0	5,9	4	10,7	82,2
E3S	11,2	151	6,2	0	7,1	5	12,8	86,6
P1C	8,1	262	5,3	0,3	5,4	3,3	10,2	64,8
P1S	5,7	356	5	0,2	4,8	3,1	9,7	65,4
P2C	12,8	190	6,1	0	8,6	5,5	14,9	87,5
P2S	5,7	171	6,4	0	8,1	5,6	14,4	88,1
P3C	24,5	185	6,4	0	9,8	6,1	16,7	88,8
P3S	6,5	171	6,5	0	8,6	5,6	14,9	86,6
Ano2000	mg.L-1				me.100mL-1			%
E1C	14,6	215	6,1	0	10,6	7	18,5	86,7
E1S	8,1	207	6,5	0	12,3	8,2	21,4	90,8
E2C	10,5	182	4,8	0,3	5,6	3,1	10,1	54,9
E2S	3,5	181	4,9	0	7,2	4,4	12,7	65,4
E3C	19,8	189	5,4	0,2	9	5,8	16	77,4
E3S	4,3	153	5,9	0	9,2	6,2	16,2	83,6
P1C	7,3	218	5	0,3	6,1	3,9	11,6	64,2
P1S	6,5	271	5	0,2	6,9	4	12,6	66,4
P2C	19,8	207	6,5	0,2	12,1	6,4	19,6	89,9
P2S	8,9	175	5,8	0	8,6	6,7	16,1	82,4
P3C	15,4	168	6	0,1	11,5	7,6	20	86,4
P3S	5,7	184	6,1	0,1	9,4	6,6	17	86,4



Apêndice 3. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições dos tratamento pastejo, nos anos 1998 e 2000.

Repetições	1998	2000
1 – 2	1.01567	0.380942
1 – 3	0.598734	0.357211
1 – 4	1.37076	0.447698
1 – 5	1.41383	0.531945
1 – 6	0.319256	0.255069
2 – 3	1.04539	0.310143
2 – 4	0.452781	0.241857
2 – 5	0.962576	0.335855
2 – 6	1.12205	0.314854
3 – 4	1.33095	0.290516
3 – 5	0.909748	0.378801
3 – 6	0.702375	0.364359
4 – 5	0.875493	0.303571
4 – 6	1.31625	0.353851
5 – 6	1.55991	0.50898
Média	0.9997182	0.3583768

Apêndice 4. Distância de corda e média das distâncias entre as diferentes combinações de repetições dos tratamento exclusão, anos 1998 e 2000.

Repetições	1998	2000
1 – 2	0.935612	1.03353
1 – 3	0.767942	1.71985
1 – 4	1.46639	1.30245
1 – 5	1.32628	1.33442
1 – 6	1.63191	0.996568
2 – 3	0.367376	1.0543
2 – 4	1.58626	0.760939
2 – 5	1.45112	1.03014
2 – 6	1.20895	0.725481
3 – 4	1.48096	1.24919
3 – 5	1.44751	1.44101
3 – 6	1.27504	0.830159
4 – 5	0.629937	0.621482
4 – 6	0.882471	0.707053
5 – 6	0.754856	1.16708
Média	1.1475076	1.06491013

Apêndice 5. Dados brutos de 47 quadros. Na linha, tratamentos (EC=excluído com adubo; ES= excluído sem adubo; PC=pastejo com adubo; PS=pastejo sem adubo), número do quadro, código da espécie (Apêndice 1), atributos e cobertura (cob). Levantamento realizado numa pastagem natural em dezembro de 2000. Três repetições. São Gabriel, RS.

Tratamento	Quadro	Espécie	Atributos										Cob
			fc	tc	st	ap	ll	cl	sd	sv	in	rl	
E1C	1	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	r
E1C	1	10	6	4	1	4	3	3	1	1	6	4	1
E1C	2	10	6	4	1	4	3	3	1	1	6	4	2
E1C	2	50	1	4	1	5	4	2	3	1	4	1	1
E1C	2	15	3	4	1	4	1	1	1	1	2	1	r
E1C	2	8	4	4	1	3	3	2	2	2	4	2	1
E1C	3	10	6	4	1	4	4	3	1	1	6	4	3
E1C	3	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	+
E1S	1	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	3
E1S	1	1	8	1	3	4	3	2	3	3	1	3	r
E1S	1	10	6	4	1	4	4	3	1	1	6	4	1
E1S	1	61	1	4	1	6	1	2	3	1	1	1	2
E1S	2	61	1	4	1	6	1	2	3	1	1	1	3
E1S	2	10	6	4	1	5	4	3	1	1	6	4	2
E1S	2	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2
E1S	2	14	2	1	3	4	3	1	1	1	4	2	+
E1S	2	33	9	1	1	5	2	2	3	3	1	3	r
E1S	3	33	9	1	1	5	2	2	3	3	1	3	+
E1S	3	15	3	4	1	5	1	1	1	1	2	1	1
E1S	3	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2
E1S	3	14	2	1	3	5	3	1	1	1	4	2	+
E1S	3	10	6	4	1	4	4	3	1	1	6	4	+
E1S	3	4	1	4	1	3	4	2	3	3	1	2	r
E1S	4	33	9	1	1	5	2	2	3	3	1	3	2
E1S	4	10	6	4	1	4	4	3	1	1	6	4	2
E1S	4	4	1	4	1	5	4	2	3	3	1	2	1
E1S	4	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	1
E1S	4	15	3	4	1	5	1	1	1	1	2	1	r
E2C	1	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	4
E2C	1	4	1	4	1	3	4	2	3	3	1	2	1
E2C	1	61	1	4	1	6	1	2	3	1	1	1	2

## Apêndice 5. Continuação

Tratamento	Quadro	Espécie	Atributos										Cob
			fc	tc	st	ap	ll	cl	sd	sv	in	rl	
E2C	1	26	2	1	3	4	2	2	1	1	4	3	1
E2C	1	37	1	1	3	4	3	2	1	1	1	3	r
E2C	2	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	3
E2C	2	26	2	1	3	5	2	2	1	1	4	3	2
E2C	2	4	1	4	1	5	4	2	3	3	1	2	1
E2C	2	61	1	4	1	6	1	2	3	1	1	1	1
E2C	3	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	3
E2C	3	50	1	4	1	5	4	2	3	1	4	1	1
E2C	4	26	2	1	3	4	2	2	1	1	4	3	1
E2C	4	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	1
E2C	4	61	1	4	1	6	1	2	3	1	1	1	2
E2C	4	50	1	4	1	4	4	2	3	1	4	1	1
E2C	4	24	5	4	1	4	4	2	3	1	4	1	1
E2C	4	10	6	4	1	2	3	3	1	1	6	4	r
E2S	1	26	2	1	3	5	2	2	1	1	4	3	2
E2S	1	10	6	4	1	4	4	3	1	1	6	4	1
E2S	1	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	r
E2S	2	10	6	4	1	5	4	3	1	1	6	4	3
E2S	2	26	2	1	3	5	2	2	1	1	4	3	2
E2S	2	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2
E2S	3	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	1
E2S	4	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	1
E2S	4	10	6	4	1	4	4	3	1	1	6	4	1
E3C	1	47	2	1	3	5	1	2	1	1	1	2	2
E3C	1	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2
E3C	1	24	5	4	1	5	4	2	3	1	4	1	1
E3C	1	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	2
E3C	1	1	8	1	3	5	2	2	3	3	1	3	+
E3C	2	24	5	4	1	5	4	2	3	1	4	1	3
E3C	2	4	1	4	1	5	4	2	3	3	1	2	+
E3C	2	47	2	1	3	5	1	2	1	1	1	2	2
E3C	2	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2

---

## Apêndice 5. Continuação

Tratamento	Quadro	Espécie	Atributos										Cob
			fc	tc	st	ap	ll	cl	sd	sv	in	rl	
E3C	3	47	2	1	3	5	1	2	1	1	1	2	2
E3C	3	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2
E3C	3	24	5	4	1	5	4	2	3	1	4	1	3
E3C	3	15	3	4	1	4	1	1	1	1	2	1	r
E3C	4	47	2	1	3	5	1	2	1	1	1	2	2
E3C	4	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2
E3C	4	24	5	4	1	5	4	2	3	1	4	1	2
E3C	4	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	1
E3C	4	15	3	4	1	4	1	1	1	1	2	1	r
E3S	1	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2
E3S	1	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	4
E3S	1	15	3	4	1	3	1	1	1	1	2	1	+
E3S	1	10	6	4	1	3	3	3	1	1	6	4	1
E3S	2	61	1	4	1	6	1	2	3	1	1	1	5
E3S	2	10	6	4	1	4	3	3	1	1	6	4	2
E3S	2	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	1
E3S	2	47	2	1	3	5	1	2	1	1	1	2	1
E3S	2	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	1
E3S	3	61	1	4	1	6	1	2	3	1	1	1	1
E3S	3	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	1
E3S	3	24	5	4	1	5	4	2	3	1	4	1	+
E3S	3	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	1
E3S	3	15	3	4	1	5	1	1	1	1	2	1	+
E3S	4	24	5	4	1	5	4	2	3	1	4	1	2
E3S	4	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	1
E3S	4	15	3	4	1	5	1	1	1	1	2	1	+
E3S	4	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	2
E3S	4	10	6	4	1	4	4	3	1	1	6	4	1
E3S	4	8	1	4	1	4	3	2	2	2	4	2	r
P1C	1	1	8	1	3	1	2	2	3	3	1	3	5
P1C	1	37	10	1	3	1	4	2	1	1	1	3	1
P1C	1	4	4	4	1	1	3	2	3	3	1	2	1
P1C	2	1	8	1	3	1	2	2	3	3	1	3	5
P1C	2	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	2
P1C	2	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	r

## Apêndice 5. Continuação

Tratamento	Quadro	Espécie	Atributos										Cob
			fc	tc	st	ap	ll	cl	sd	sv	in	rl	
P1C	2	26	2	1	3	2	2	2	1	1	4	3	+
P1C	3	1	8	1	3	1	2	2	3	3	1	3	4
P1C	3	45	7	3	2	2	2	2	3	3	4	1	r
P1C	3	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	r
P1C	3	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	1
P1C	3	15	3	4	1	2	2	1	1	1	2	1	1
P1C	3	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	+
P1C	3	8	4	4	1	2	4	2	2	2	4	2	r
P1C	3	37	10	1	3	1	3	2	1	1	1	3	2
P1C	3	26	2	1	3	2	2	2	1	1	1	3	1
P1C	3	24	5	4	1	2	4	2	3	1	4	1	r
P1C	4	1	8	1	3	1	2	2	3	3	1	3	4
P1C	4	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	1
P1C	4	61	1	4	1	3	2	2	3	1	1	1	r
P1C	4	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	+
P1C	4	47	2	1	3	3	1	2	1	1	1	2	+
P1C	4	35	1	1	1	1	1	2	5	1	3	1	r
P1S	1	1	8	1	3	4	3	2	3	3	1	3	2
P1S	1	26	2	1	3	3	2	2	1	1	1	3	1
P1S	1	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	2
P1S	1	10	6	4	1	4	3	3	1	1	6	4	3
P1S	1	11	9	1	2	4	2	2	1	1	1	3	1
P1S	1	33	9	1	3	4	2	2	3	3	1	3	+
P1S	2	33	9	1	3	4	2	2	3	3	1	3	+
P1S	2	35	1	1	1	3	1	2	5	1	3	1	1
P1S	2	8	1	4	1	3	3	2	2	2	4	2	1
P1S	2	10	6	4	1	4	3	3	1	1	6	4	3
P1S	2	1	8	1	3	3	2	2	3	3	1	3	2
P1S	2	4	1	1	1	3	4	2	3	3	1	2	1
P1S	2	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	1
P1S	2	14	2	1	3	4	2	1	1	1	4	2	1
P1S	3	1	8	1	3	2	2	2	3	3	1	3	4
P1S	3	10	6	4	1	3	3	3	1	1	6	4	1
P1S	3	33	9	1	1	4	2	2	3	3	1	3	r
P1S	3	4	1	4	1	2	4	2	3	3	1	2	1
P1S	3	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	r
P1S	3	35	1	1	1	3	1	2	5	1	3	1	1

## Apêndice 5. Continuação

Tratamento	Quadro	Espécie	Atributos										Cob
			fc	tc	st	ap	ll	cl	sd	sv	in	rl	
P1S	3	8	1	4	1	3	3	2	2	2	4	2	r
P1S	3	11	9	1	2	4	2	2	1	1	1	3	1
P1S	3	26	2	1	3	3	2	2	1	1	1	3	r
P1S	3	45	7	3	2	2	2	2	3	3	4	1	1
P1S	3	13	9	1	3	2	1	2	1	1	1	3	r
P1S	4	1	8	1	3	1	2	2	3	3	1	3	4
P1S	4	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	2
P1S	4	10	6	4	1	1	3	3	1	1	6	4	1
P1S	4	11	9	1	2	1	2	2	1	1	1	3	1
P1S	4	37	10	1	3	1	3	2	1	1	1	3	+
P1S	4	15	3	4	1	2	1	1	1	1	2	1	+
P1S	4	13	9	1	3	2	1	2	1	1	1	2	+
P2C	1	1	8	1	3	2	2	2	3	3	1	3	+
P2C	1	24	5	4	1	4	4	2	3	1	4	1	1
P2C	1	15	3	4	1	3	1	1	1	1	2	1	+
P2C	1	8	4	4	1	2	3	2	2	2	4	2	r
P2C	1	14	2	1	3	4	3	1	1	1	4	2	r
P2C	1	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	+
P2C	1	26	2	1	3	4	3	2	1	1	4	3	2
P2C	1	33	9	1	1	4	2	2	3	3	1	3	+
P2C	1	10	6	4	1	4	3	3	1	1	6	4	3
P2C	1	13	9	1	3	3	2	2	1	1	1	3	+
P2C	2	1	8	1	3	2	3	2	3	3	1	3	4
P2C	2	4	4	4	1	1	3	2	3	3	1	2	+
P2C	2	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	r
P2C	2	50	1	4	1	1	2	2	3	1	4	1	+
P2C	2	24	5	4	1	3	4	2	3	1	4	1	1
P2C	2	11	9	1	2	2	2	2	1	1	1	3	r
P2C	2	14	2	1	3	2	3	1	1	1	4	2	r
P2C	2	15	3	4	1	2	1	1	1	1	2	1	r
P2C	3	1	8	1	3	3	3	2	3	3	1	3	4
P2C	3	26	2	1	3	2	2	2	1	1	1	3	r
P2C	3	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	1
P2C	3	11	9	1	2	2	2	2	1	1	1	3	+
P2C	3	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	+
P2C	3	50	1	4	1	2	3	2	3	1	4	1	+
P2C	3	24	5	4	1	1	4	2	3	1	4	1	r
P2C	3	10	6	4	1	3	4	3	1	1	6	4	r

## Apêndice 5. Continuação

Tratamento	Quadro	Espécie	Atributos										Cob
			fc	tc	st	ap	ll	cl	sd	sv	in	rl	
P2C	4	1	8	1	3	1	3	2	3	3	1	3	3
P2C	4	15	3	4	1	2	1	1	1	1	2	1	r
P2C	4	37	10	1	3	1	3	2	1	1	1	3	r
P2C	4	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	1
P2C	4	50	1	4	1	1	3	2	3	1	4	1	+
P2C	4	10	6	4	1	4	3	3	1	1	6	4	3
P2C	4	11	9	1	2	4	2	2	1	1	1	3	+
P2C	4	8	4	4	1	4	3	2	2	2	4	2	r
P2C	4	47	2	1	3	4	1	2	1	1	1	2	+
P2S	1	1	8	1	3	1	2	2	3	3	1	3	3
P2S	1	47	2	1	3	1	1	2	1	1	1	2	r
P2S	1	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	2
P2S	1	50	1	4	1	2	3	2	3	1	4	1	+
P2S	1	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	+
P2S	1	11	9	1	2	2	2	2	1	1	1	3	1
P2S	1	37	10	1	3	1	3	2	1	1	1	3	1
P2S	2	1	8	1	3	1	2	2	3	3	1	3	3
P2S	2	26	2	1	3	2	2	2	1	1	4	3	+
P2S	2	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	r
P2S	2	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	1
P2S	2	37	10	1	3	2	3	2	1	1	1	3	2
P2S	2	13	9	1	3	1	1	2	1	1	1	2	1
P2S	2	11	9	1	2	1	2	2	1	1	1	3	1
P2S	2	50	1	4	1	2	3	2	3	1	4	1	+
P2S	2	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	+
P2S	3	1	8	1	3	1	3	2	3	3	1	3	3
P2S	3	4	1	4	1	1	4	2	3	3	1	2	2
P2S	3	10	6	4	1	3	3	3	1	1	6	4	2
P2S	3	26	2	1	3	2	2	2	1	1	4	3	+
P2S	3	11	9	1	2	3	2	2	1	1	1	3	1
P2S	3	37	10	1	3	3	3	2	1	1	1	3	1
P2S	4	10	6	4	1	3	3	3	1	1	6	4	2
P2S	4	14	2	1	3	2	3	1	1	1	4	2	r
P2S	4	50	1	4	1	2	3	2	3	1	4	1	+
P2S	4	45	7	3	2	3	3	2	3	3	4	1	r
P2S	4	4	4	4	1	1	4	2	3	3	1	2	2
P2S	4	11	9	1	2	3	2	2	1	1	1	3	2
P2S	4	13	9	1	3	2	2	2	1	1	1	2	r
P2S	4	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	+

## Apêndice 5. Continuação

Tratamento	Quadro	Espécie	Atributos										Cob
			fc	tc	st	ap	ll	cl	sd	sv	in	rl	
P3C	1	1	8	1	3	2	3	2	3	3	1	3	4
P3C	1	4	1	4	1	2	4	2	3	3	1	2	1
P3C	1	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	+
P3C	1	35	1	1	1	1	1	2	5	1	3	1	1
P3C	1	26	2	1	3	2	2	2	1	1	4	3	+
P3C	2	1	8	1	3	2	2	2	3	3	1	3	5
P3C	2	37	10	1	3	1	3	2	1	1	1	3	+
P3C	2	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	+
P3C	2	11	9	1	2	3	2	2	1	1	1	3	r
P3C	2	4	1	4	1	1	3	2	3	3	1	2	2
P3C	2	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	+
P3C	2	45	7	3	2	2	2	2	3	3	4	1	+
P3C	3	1	8	1	3	2	3	2	3	3	1	3	3
P3C	3	47	2	1	3	3	1	2	1	1	1	2	+
P3C	3	4	1	4	1	2	4	2	3	3	1	2	1
P3C	3	26	2	1	3	4	3	2	1	1	4	3	1
P3C	3	11	9	1	2	4	2	2	1	1	1	3	+
P3C	3	10	6	4	1	4	3	3	1	1	6	4	1
P3C	4	10	6	4	1	4	4	3	1	1	6	4	3
P3C	4	26	2	1	3	4	3	2	1	1	1	3	+
P3C	4	47	2	1	3	3	1	2	1	1	1	2	+
P3C	4	11	9	1	2	5	2	2	1	1	1	3	1
P3C	4	4	1	4	1	4	4	2	3	3	1	2	+
P3C	4	1	8	1	3	5	3	2	3	3	1	3	1
P3C	4	14	2	1	3	3	2	1	1	1	4	2	r
P3S	1	1	8	1	3	2	2	2	3	3	1	3	5
P3S	1	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	+
P3S	1	45	7	3	2	2	2	2	3	3	4	1	+
P3S	1	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	+
P3S	1	4	1	4	1	1	4	2	3	3	1	2	1
P3S	1	11	9	1	2	2	2	2	1	1	1	3	+
P3S	1	8	1	4	1	1	3	2	2	2	4	2	r
P3S	1	26	2	1	3	3	2	2	1	1	1	3	r
P3S	2	1	8	1	3	2	3	2	3	3	1	3	5
P3S	2	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	r
P3S	2	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	r
P3S	2	11	9	1	2	2	2	2	1	1	1	3	+



## Apêndice 5. Continuação

Tratamento	Quadro	Espécie	Atributos										Cob
			fc	tc	st	ap	ll	cl	sd	sv	in	rl	
P3S	2	8	1	4	1	2	3	2	2	2	4	2	+
P3S	2	37	10	1	3	2	3	2	1	1	1	3	r
P3S	2	26	2	1	3	2	3	2	1	1	1	3	+
P3S	3	1	8	1	3	2	2	2	3	3	1	3	5
P3S	3	26	2	1	3	2	2	2	1	1	1	3	+
P3S	3	8	1	4	1	1	2	2	2	2	4	2	+
P3S	3	10	6	4	1	1	2	3	1	1	6	4	+
P3S	3	11	9	1	2	2	2	2	1	1	1	3	+
P3S	3	13	9	1	3	2	1	2	1	1	1	2	r
P3S	3	47	2	1	3	2	1	2	1	1	1	2	r
P3S	4	1	8	1	3	2	2	2	3	3	1	3	5
P3S	4	35	1	1	1	1	1	2	5	1	3	1	+
P3S	4	10	6	4	1	1	1	3	1	1	6	4	+
P3S	4	4	1	4	1	1	3	2	3	3	1	2	+
P3S	4	45	7	3	2	2	2	2	3	3	4	1	+
P3S	4	11	9	1	2	3	2	2	1	1	1	3	+

---

## VITA

Zélia Maria de Souza Castilhos, filha de Helena Maria de Souza Castilhos e Pedro de Quadros Castilhos, nasceu em Rio Pardo em 23 de outubro de 1955.

Estudou no Colégio Sant'Anna e no Colégio Centenário, em Santa Maria. Em 1975, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), graduando-se em dezembro de 1978. Atuou como bolsista de aperfeiçoamento, no departamento de Zootecnia da UFSM, sob a orientação do Professor Ismar Leal Barreto, de 1979 a 1981. Em 1981 iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, na área de Plantas Forrageiras, sob a orientação do Professor Aino Victor Ávila Jacques, defendendo a dissertação em abril de 1984.

Desde 1982 atua como pesquisadora na equipe de Produção Animal da Fepagro.

É mãe de Lucas e Luiza.