

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

PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO E REGENERAÇÃO DA VEGETAÇÃO
CAMPESTRE DO ENTORNO DE AREAIS DO SUDOESTE DO RIO GRANDE
DO SUL

JOSÉ PEDRO PEREIRA TRINDADE
Eng. Agr. MSc.

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em
Zootecnia
Área de concentração Plantas Forrageiras.

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2003

CAMPOS DE AREIA

João Otávio Nogueira Leiria

Campos de areia,
sois os campos mais tristes que eu conheço.

- Ah!
a amargura das vossas sangas secas,
e do capim limão,
e das touceiras de butiá! –

A mágoa que anda em vós é a mesma que eu padeço,
é a vossa mesma alma que dentro em mim campeia...

Assim como essas sangas
em vão almejarei a alegria da água fresca...

E, como esse capim que sequer nem alimenta,
morrerei na indiferença...

E vós, rijas touceiras
de ácidos frutos fecundo ao sol quente?...

- Malditos nossos frutos,
amadurando inutilmente! –

- ...Longe surgiu um vulto! -
É a mágoa que campereia...

Somos irmãos,
somos irmãos, campos de areia!...

AGRADECIMENTOS

Ao concluir mais uma etapa importante em minha formação percebo que junto comigo havia um grande número de pessoas, às quais dedico o meu mais profundo agradecimento, em especial:

Ao Professor Dr. Valério De Patta Pillar por ter me aceito sob sua orientação, pela oportunidade de conviver em profícuo ambiente de pesquisa e poder retornar à minha terra e perceber a sua beleza, pelas oportunidades de realização profissional oferecidas ao longo dos quatro anos de convívio, pela paciência e principalmente pela confiança em mim depositada;

Ao excelente profissional e grande amigo Eng. Agr. MSc. Carlos Alberto Miranda Silveira, sem o qual este trabalho não teria sido concluído, tal a sua dedicação e empenho incondicional;

Ao senhores Igino Gatiboni, Ivo Mello, Maduska, Zica, Mauri Gioda, Arno Paulo Nemitz e Márcio Sudati por possibilitarem que tivéssemos acesso aos areas;

Ao Paulo Rodrigo pelas caronas e amizade;

Aos amigos e eventuais conselheiros que passaram ou estão no laboratório de Ecologia Quantitativa da UFRGS em especial a Dr^a. Zélia Castilhos, Telmo Focht, Ênio Sosinski, Rodrigo Favreto, Omara Lange, Juliano Morales, Rafael Machado;

À Dona Alena Ferreira de Quadros pela amizade e carinho;

Ao Sérgio Augusto Ferreira de Quadros pelo constante incentivo e paciência;

À oportunidade de poder freqüentar uma Universidade pública gratuita e de qualidade, aos recursos públicos de pesquisa fornecidos pela FAPERGS e PRONEX e bolsa fornecida pela CNPq, sem os quais não seria possível concluir este trabalho.

Um agradecimento especial à minha mãe e aos meus irmãos Márcio e Marcelo pelo incentivo e auxílio para a conclusão de meus estudos e Doutorado.

Dedico este trabalho em sua plenitude à minha querida esposa Alexsandra e a nossa querida filha Eduarda, que me apoiaram em todos os momentos.

PROCESSOS DE DEGRAÇÃO E REGENERAÇÃO DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE DO ENTORNO DE AREAIS DO SUDOESTE DO RIO GRANDE DO SUL¹

Autor: José Pedro Pereira Trindade
Orientador: Valério De Patta Pillar

RESUMO

No Sudoeste do Rio Grande do Sul ocorrem manchas de substrato arenoso sem cobertura vegetal, conhecidos regionalmente como areais. A tese reexamina o problema e suas causas, enfatizando o papel da vegetação natural e propondo estratégias para a revegetação e prevenção à arenização em sistemas pastoris. Evidências foram obtidas em levantamentos e experimento avaliando processos de degradação e regeneração da vegetação campestre do entorno de areais. Levantamento da vegetação, realizado em 41 parcelas de 4,5 x 9,0 m na borda de 11 areais indicou a existência de dois tipos de comunidades. Areais de Manoel Viana e aqueles usados pelo gado em São Francisco de Assis, com alto percentual de substrato exposto, são caracterizados principalmente por *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus* e *Butia paraguayensis*. Areais de Alegrete e aqueles excluídos de pastejo em São Francisco de Assis, com menor percentual de substrato exposto, são caracterizados principalmente por *Andropogon lateralis* e *Aristida laevis*. Foi também avaliada a dinâmica da vegetação em gradientes de arenização, usando quadros (0,25 m²) contíguos em 16 transecções de 10 m localizadas em cinco areais. A dinâmica da vegetação foi associada ao uso das áreas pelo gado, pois houve aumento, após 14 meses, de substrato exposto em comunidades de areais sob pastoreio, enquanto que aquelas sem gado apresentaram uma dinâmica espacial-temporal de maior estabilidade da cobertura vegetal. Um experimento foi realizado para avaliar, durante 8 meses, o efeito de níveis controlados de soterramento por areia (0, 5, 10 e 20 cm) em comunidades do entorno de dois areais sob pastoreio. Comunidades caracterizadas por *Elyonurus* sp. e *Axonopus pressus* foram mais tolerantes ao soterramento. As evidências indicam que a exclusão do gado de areais pode ser uma alternativa eficaz para a revegetação de areais por espécies das comunidades naturais do entorno. Ademais, a arenização pode ser prevenida pelo uso adequado dos campos que mantenha a cobertura vegetal natural protegendo o solo dos processos erosivos hídrico e eólico.

¹ Tese de Doutorado em Zootecnia – Plantas forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (161 p.) Fevereiro, 2003.

PROCESS OF DEGRADATION AND RESTORATION OF CAMPOS
VEGETATION ON THE EDGE OF "AREAIS" FROM SOUTHWEST OF RIO
GRANDE DO SUL¹

Author: José Pedro Pereira Trindade
Adviser: Valério De Patta Pillar

ABSTRACT

Sandy patches without vegetation cover, regionally known as "areais", are observed in the Southwest of Rio Grande do Sul. The thesis reexamines the problem and its causes, emphasizing the role of the natural vegetation and proposing strategies for restoration and prevention of the degradation process in cattle grazing systems. Evidence was obtained from surveys and experiment evaluating grassland vegetation recovery and degradation at the edge of sandy patches. A vegetation survey, carried out in 41 4.5 x 9.0-m plots at the edge of 11 areais, revealed two community types. Areais in the municipality of Manoel Viana and those used with cattle in São Francisco de Assis, with high exposed substrate cover, are characterized mainly by *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus* and *Butia paraguayensis*. Areais in the municipality of Alegrete and grazing excluded ones in São Francisco de Assis, with less exposed substrate cover, are characterized mainly by *Andropogon lateralis* and *Aristida laevis*. Vegetation dynamics was evaluated in gradients of erosion degradation by using contiguous 0.25-m² quadrats on 16 10-m transects located in five areais. Vegetation dynamics was associated to cattle grazing; after 14 months exposed substrate percentage increased on communities located in grazed areais, while those in ungrazed ones depicted a more stable spatio-temporal dynamics. An experiment was set up to evaluate, during 8 months, the effect of controlled sand burial (0, 5, 10 and 20 cm) on plant communities at the edge of two areais under grazing. Communities characterized by *Elyonurus* sp. and *Axonopus pressus* were the most tolerant to sand burial. The evidence indicate that cattle exclusion may be effective for the recovery of areais by plant species from the surrounding communities. Furthermore, degradation of grassland located on sandy soils may be prevented by adequate grassland management in order to maintain vegetation cover and protect the soil from hydric and eolic erosion.

¹ Doctoral thesis in Forage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (161 p.) February, 2003

SUMÁRIO

	Página
1. Introdução e Revisão Bibliográfica	1
1.1. Deserto ou Areal?	1
1.2. O que são Areais?	5
1.3. O processo de arenização	6
2. Caracterização da vegetação campestre do entorno de areais	14
2.1. Introdução	14
2.2. Material e Métodos	19
2.2.1. Amostragem e descrição da vegetação:	19
2.2.2. Análise dos dados:	21
2.3. Resultados	23
2.3.1. Padrões de variação da vegetação: Dados agregados por areal ...	23
2.3.2. Padrões de variação da vegetação: Análise dos dados por parcela	30
2.3.3. Complexidade da vegetação do entorno de areais	34
2.4. Discussão:	38
2.5. Conclusões	40
3. Dinâmica espaço-temporal da vegetação natural do entorno de areais	43
3.1. Introdução:	43
3.2. Material e Métodos	48
3.2.1. Áreas de estudo	48
Demarcação das transecções	49
3.2.3. Descrição da vegetação:	51
3.2.4. Análise dos dados:	52
3.3. Resultados :	52
3.3.1. Processo de arenização em areais pastejados em Manoel Viana ..	53
3.3.2. Processo de arenização em areal pastejado em São Francisco de Assis	62
3.3.3. Processo de arenização em areal excluído do pastoreio em São Francisco de Assis	69
3.3.4. Processo de arenização em areal manejado sob exclusão do pastoreio em Alegrete	74
3.4. Discussão	78
3.5. Conclusões	81
4. Efeito do soterramento na dinâmica de comunidades vegetais campestres do entorno de areais	83
4.1. Introdução	83

4.2. Material e Métodos	87
4.2.1. Área de estudo:.....	87
4.2.2. Demarcação de áreas:.....	89
4.2.3. Avaliação da vegetação:	91
4.2.4. Análise dos dados:.....	92
4.3. Resultados.....	92
4.4. Discussão:	101
4.5. Conclusões.....	104
5. Prevenção da arenização em Campos de areia: Considerações finais	105
5.1. Vegetação natural e o processo de arenização.....	105
5.2. Manejo preventivo da degradação da cobertura vegetal e revegetação de areais no Sudoeste do Rio Grande do Sul.....	109
6. Referências Bibliográficas.....	111
7. Apêndices	116
8. Vita.....	145

RELAÇÃO DE TABELAS

CAPÍTULO 1:

Página

Tabela 1: Municípios do Sudoeste do Rio Grande do Sul com ocorrência de areais, área total, área de areais e percentual de cobertura de areais em cada município (Adaptada de Suertegaray et al., 2001).	4
--	---

CAPÍTULO 2:

Tabela 1. Abundância-cobertura (Maarel) média de táxons e substrato exposto em 11 areais localizados em Manoel Viana, São Francisco de Assis e Alegrete, manejados sob pastoreio e exclusão do pastoreio. Os táxons aqui incluídos tiveram correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Figura 3). Os grupos obtidos por análise de agrupamentos estão indicados (Figura 2).....	27
---	----

CAPÍTULO 3:

Tabela 1. Número de transecções, localização, coordenadas, manejo e posição no areal de transecções submetidas a descrição da dinâmica de comunidades vegetais de areais.....	50
---	----

CAPÍTULO 4:

Tabela 1. Altura média da biomassa (cm) das comunidades manejadas sob níveis de soterramento em areais de Manoel Viana (MV) e São Francisco de Assis (SFA).....	90
Tabela 2. Data de soterramento, intervalo entre as avaliações e duração do período experimental.	92

Tabela 3. Composição taxonômica e substrato exposto de comunidades submetidas a tratamentos de níveis de soterramento (0= Testemunha, 5, 10 e 20cm) em quatro levantamentos (Lev). A composição de cada comunidade (colunas) e composição média das comunidades soterradas (5, 10 e 20cm) é descrita pela abundância-cobertura de cada componente (linhas) nos quatro levantamentos (Lev= 1, 2, 3, 4, data conforme Tabela 2, Capítulo 4). A ordem dos componentes em cada um dos levantamentos foi determinado segundo teste de aleatorização (Apêndice 3).	93
--	----

RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO 1:

	Página
Figura 1. Diagnóstico da desertificação no Brasil A área em destaque representa o local de ocorrência de áreas de atenção especial no Sudoeste do Rio Grande do Sul (Adaptado de Desert, 2002).	3
Figura 2. Localização geográfica dos areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul (Adaptado de Suertegaray et al., 2001).	4
Figura 3. Modelo conceitual do processo de arenização.	8
Figura 4: a) Areal localizado na encosta de morro de arenito silicificado. São Francisco de Assis, 11/07/1999; b) Areal localizado em coxilha de baixa altitude. Na parte mais alta a presença de arenito silicificado. Alegrete, 25/10/2000; c) Areal localizado em coxilha de baixa altitude. Manoel Viana, 09/02/2000.	12

CAPÍTULO 2:

Figura 1. a) Dendrograma da análise de agrupamento de areais descritos pela abundância-cobertura média das espécies componentes da vegetação natural do entorno. O critério de formação de grupos foi a variância mínima dentro do grupo formado (abcissa). Os areais estão identificados por combinações de letras e números representando a localização do areal (M= Manoel Viana, S= São Francisco de Assis, A= Alegrete), o manejo (E= exclusão do pastoreio, P= mantido sob pastoreio) e o número do areal no local (1 a 3). b) Probabilidades do teste de nitidez para partição em dois, três e quatro grupos de areais através de auto-reamostragem "bootstrap". Há nitidez para dois e quatro grupos de unidades amostrais, pois apresentaram probabilidades superior a 0,1.	24
Figura 2. Composição florística média de dois grupos de areais determinados em função de análise de agrupamento. Para legenda das espécies ver Tabela 1. Os táxons aqui incluídos tiveram correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Figura 5).	26

Figura 3. Diagramas de ordenação de areais descritos pela abundância-cobertura média das espécies componentes da vegetação natural do entorno. 49,9 % da variação total é representada no diagrama de ordenação, 30,3 % no eixo I e 19,6 % no eixo II. Os caracteres no diagrama “a” representam a localização das unidades amostrais (A= Alegrete, M= Manoel Viana e S= São Francisco de Assis), o manejo do pastoreio no areal (P= pastejado, E= Excluído) e os números o número do areal em cada local (1 a 3); As combinações de caracteres no diagrama “b” representam as variáveis com correlação igual ou superior a 0,50 com os eixos: Gysp= *Gymnopogon spicatus*, Anla= *Andropogon lateralis*, Crsp= *Croton* sp., Pimo= *Piptochaetium montevidense*, Elsp= *Elyonurus* sp., Bupa= *Butia paraguayensis*, Suex= Substrato exposto, Cyro= *Cyperus rotundus*, Pano= *Paspalum notatum*, Sege= *Setaria geniculata*, Elmo= *Elephantopus mollis*, Dein= *Desmodium incanum*, Erlu= *Eragrostis lugens*, Pani= *Paspalum nicorae*, Wado= *Walteria douradinha*, Disw= *Digitaria swalleniana*, Pama = *Papofurum macrospermum*, Cara= *Cardionema ramosissima*, Axpr= *Axonopus pressus*, Pssp= *Psidium* sp. + cf. *Blefarocalyx* sp., Sesp= *Senecio* sp., Ribr= *Richardia Brasiliensis*, Sosi= *Solanum sisymbriifolium*, Acau= *Acanthospermum australe*, Soch= *Solidago chilensis*, Zody= *Zornia dyphylla*, Vefl= *Vernonia flexuosa*, Oran= *Ortopapus angustifolius*, Bove= *Borreria verticilata*, Cobo= *Conyza bonariensis*, Agco= *Ageratum conyzoides*, Busp= *Bulbostilis* sp., Scte= *Schizachyrium tenerum*, Erne= *Eragrostis neesii*, Arla= *Aristida laevis*, Tisp= *Tibouchina* sp., Rigr= *Richardia grandiflora*. 29

Figura 4 Diagrama de ordenação de unidades amostrais descritas pela abundância-cobertura das espécies componentes da vegetação natural do entorno de areais. 33,5 % da variação total da matriz de dados descrita pelas 71 variáveis observadas é representada no diagrama de ordenação, 20,8 % no eixo I (abcissa) e 12,7 % no eixo II de ordenação (ordenada). Os diagramas representam interpretações da mesma análise de ordenação. Os caracteres no diagrama “a” representam a localização das unidades amostrais (A= Alegrete, M= Manoel Viana e S= São Francisco de Assis), o manejo do pastoreio no areal (P= pastejado, E= Excluído); As combinações de caracteres no diagrama “b” representam as variáveis com correlação igual ou superior a 0,50 com os eixos: Elsp= *Elyonurus* sp., Suex= Substrato exposto, Crsp= *Croton* sp., Sege= *Setaria geniculata*, Cobo= *Conyza bonariensis*, Pano= *Paspalum notatum*, Pimo= *Piptochaetium montevidense*, Rigr= *Richardia grandiflora*, Oran= *Ortopapus angustifolius*, Pani= *Paspalum nicorae*, Cyro= *Cyperus rotundus*, Acau= *Acanthospermum australe*, Anla= *Andropogon lateralis*, Erlu= *Eragrostis lugens*, Cara= *Cardionema ramosissima*, Gysp= *Gymnopogon spicatus*. 32

Figura 5. Complexidade total, complexidade estrutural, entropia e número de espécies por unidade amostral de comunidades do entorno de areais localizados em Manoel Viana (MV), São Francisco de Assis (SFA) e Alegrete (Ale), manejados sob pastoreio (Pas) e exclusão (Exc). As unidades amostrais estão ordenadas de acordo com a entropia (decréscante da esquerda para a direita). A correlação entre número de espécies e complexidade total foi de 0,44 e de 0,43 com complexidade estrutural.	35
Figura 6. Diagramas de ordenação de comunidades vegetais do entorno de areais manejados sob pastoreio (P) e exclusão (E) localizados em Manoel Viana (M), São Francisco de Assis (S) e Alegrete (A). A análise ordenação foi realizada com base nas variáveis complexidade total (comp), entropia (entr), complexidade estrutural (come) e número de espécies por comunidade (nesp). Os número 1 e 4 indicam comunidades excluídas do pastoreio em Manoel Viana, os números 2, 35, 10, 40 e 21 as comunidades com maior uniformidade de distribuição dos indivíduos entre as espécies e os números 1, 14, 19 e 26 as comunidades com menor uniformidade. A medida de semelhança utilizada foi a distância euclidiana e o método de ordenação foi coordenadas principais. 88,3% da variação total está representada no diagrama.	36

CAPÍTULO 3:

Figura 1. Vista parcial de transecção de número um em areal da Fazenda Cerro do Tigre, Alegrete, 14 de Abril de 2002.	51
Figura 2. Diagramas de dispersão obtidos a partir da mesma análise de ordenação das transecções avaliadas em dois areais em Manoel Viana, RS, descritas pela composição florística. Da variação total 40,8 % é representada nos diagramas, sendo 27,4 % no eixo I e 13,4% no eixo II. As siglas alfanuméricas representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Suex= substrato exposto, Elsp= <i>Elyonurus</i> sp., Axpr= <i>Axonopus pressus</i> e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a conexão dos pontos indica a trajetória espacial na transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas (1 a 3) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação da dinâmica das trajetórias espaciais nos três períodos de avaliação (1 a 3).	54

- Figura 3. Diagramas de dispersão obtidos a partir da mesma análise de ordenação das transecções avaliadas em dois areais em Manoel Viana, RS, descritas pela composição florística. Da variação total 40,8 % é representada nos diagramas, sendo 27,4 % no eixo I e 13,4% no eixo II. As siglas alfanuméricas representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Axpr= *Axonopus pressus* e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a conexão dos pontos indica a trajetória espacial na transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas (4 a 6) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação da dinâmica das trajetórias espaciais nos três períodos de avaliação (1 a 3). 55
- Figura 4. Magnitude da modificação da composição taxonômica de comunidades do entorno de areal manejado sob exclusão do pastoreio em Manoel Viana. A modificação da composição é medida por distância euclidiana entre levantamentos subseqüentes. No eixo horizontal são indicadas as unidades amostrais arranjadas ordenadas pela posição na transecção. 58
- Figura 5. Diagramas de dispersão obtidos a partir da mesma análise de ordenação das transecções avaliadas em dois areais em Manoel Viana, RS, descritas por três variáveis: entropia ($\alpha = 12$) (entr), complexidade total (comp) e complexidade estrutural (come). A trajetória descrita pela conexão dos pontos representa a ordem das comunidades no espaço da transecção. O número 1 nos diagramas representa o início da transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação da dinâmica das trajetórias espaciais nos três períodos de avaliação (1 a 3). Exterior aos diagrama os números nas linhas (1 a 3) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3. 60
- Figura 6. Diagramas de dispersão obtidos a partir da mesma análise de ordenação das transecções avaliadas em dois areais em Manoel Viana, RS, descritas por três variáveis: entropia ($\alpha = 12$) (entr), complexidade total (comp) e complexidade estrutural (come). A trajetória descrita pela conexão dos pontos representa a ordem das comunidades no espaço da transecção. O número 1 nos diagramas representa o início da transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação da dinâmica das trajetórias espaciais nos três períodos de avaliação (1 a 3). Exterior aos diagrama os números nas linhas indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3. 61

- Figura 7. Diagramas de mesma ordenação. Da variação total 61,3 % é representada nos diagramas, sendo 45,4 % no eixo I e 15,9% no eixo II. As combinações de caracteres representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Aopr= *Axonopus pressus* e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a união dos pontos indica a transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas (1 e 2) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3..... 63
- Figura 8. Diagramas de mesma ordenação. Da variação total 61,3 % é representada nos diagramas, sendo 45,4 % no eixo I e 15,9% no eixo II. As combinações de caracteres representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Aopr= *Axonopus pressus* e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a união dos pontos indica a transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas (3 e 4) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3..... 64
- Figura 9. Magnitude da modificação da composição taxonômica de comunidades do entorno de areal manejado sob pastoreio em São Francisco de Assis. A modificação da composição é medida por distância euclidiana entre levantamentos subseqüentes. No eixo horizontal são indicadas as unidades amostrais arranjadas ordenadas pela posição na transecção. 67
- Figura 10. Diagramas de ordenação das comunidades amostrais em função das variáveis entropia na base 12 (bits) (entr), complexidade total (comp) e complexidade estrutural (come). A trajetória descrita pela conexão dos pontos representam a ordem das comunidades no espaço da transecção. O número 1 nos diagramas representa o início da transecção. Exterior aos diagrama os números nas linhas (1 e 2) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3..... 68
- Figura 11. Diagramas de ordenação das comunidades amostrais em função das variáveis entropia na base 12 (bits) (entr), complexidade total (comp) e complexidade estrutural (come). A trajetória descrita pela conexão dos pontos representam a ordem das comunidades no espaço da transecção. O número 1 nos diagramas representa o início da transecção. Exterior aos diagrama os números nas linhas (3 e 4) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3..... 69

Figura 12. Diagramas de mesma ordenação. Da variação total 44,3 % é representada nos diagramas, sendo 31,8 % no eixo I e 12,5% no eixo II. As combinações de caracteres representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 (Suex= substrato exposto, Pani= <i>Paspalum nicorae</i> , Aopr= <i>Axonopus pressus</i> e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a união dos pontos indica a transecção. Exterior aos diagramas, os números nas linhas indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.....	71
Figura 13. Magnitude da modificação da composição taxonômica de comunidades do entorno de areal manejado sob exclusão do pastoreio em São Francisco de Assis. A modificação da composição é medida por distância euclidiana entre levantamentos subseqüentes. No eixo horizontal são indicadas as unidades amostrais arranjadas ordenadas pela posição na transecção.	73
Figura 14. Diagramas de mesma ordenação. Da variação total 47,02 % é representada nos diagramas, sendo 38,1 % no eixo I e 8,92% no eixo II. As combinações de caracteres representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 (Suex= substrato exposto, Pani= <i>Paspalum nicorae</i> , Arla= <i>Aristida laevis</i> , Passt= <i>Paspalum stellatum</i> e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a união dos pontos indica a transecção. Exterior aos diagramas, os números nas linhas (1 a 3) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.....	76
Figura 15. Magnitude da modificação da composição taxonômica de comunidades do entorno de areal manejado sob exclusão do pastoreio em Alegrete. A modificação da composição É medida por distância euclidiana entre levantamentos subseqüentes. No eixo horizontal são indicadas as unidades amostrais arranjadas ordenadas pela posição na transecção.	77

CAPÍTULO 4:

Figura 1. Vista parcial de areal localizado em Manoel Viana. Manoel Viana, fevereiro de 2000.	89
Figura 2. Vista parcial de uma das faces do entorno do areal localizado em São Francisco de Assis, 31 de outubro de 2002.....	89

Figura 3. Parcelas experimentais após a aplicação dos tratamentos de soterramento, no bloco 3, em comunidades do entorno do areal localizado em Manoel Viana: a) vista do bloco; b) tratamento de 20 cm de soterramento; c) tratamento de 10 cm de soterramento; d) tratamento de 5 cm de soterramento. Manoel Viana, RS, 16 de abril de 2002. 91

Figura 4. Diagramas de dispersão obtidos a partir da análise de ordenação de comunidades descritas pela composição florística, submetidas a diferentes níveis de soterramento, em dois areais localizados em Manoel Viana (M) e São Francisco de Assis (S), RS. Os dois diagramas provêm da mesma análise; estão separados para facilitar a visualização. Da variação total, 67,3 % é representada nos diagramas, sendo 46,3% no eixo I e 21% no eixo II. As siglas alfanuméricas representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Axpr= *Axonopus pressus*, Arla= *Aristida laevis*, Pssp= *Psidium* sp. + cf. *Blefarocalyx* sp. e Mamo= material morto) e a conexão dos pontos a dinâmica das comunidades durante o período de avaliação (230 e 279 dias, respectivamente em Manoel Viana e São Francisco de Assis). As combinações de letras e números indicam o início da trajetória, o areal (M= Manoel Viana, S= São Francisco de Assis), o nível de soterramento (1= sem e 2= média dos níveis 5, 10 e 20 cm) e o bloco (caracter em caixa alta= bloco 1, minúsculo, itálico e sublinhado= bloco 2, caixa alta e sublinhado= bloco 3). 99

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“O conhecimento não é um espelho das coisas ou do mundo externo. Todas as percepções são, ao mesmo tempo, traduções e reconstruções cerebrais com base em estímulos ou sinais captados e codificados pelos sentidos.” (Morin, 2002, p.20)

Este capítulo objetiva reexaminar o problema da arenização dos campos do Sudoeste do Rio Grande do Sul, a sua extensão, localização geográfica e possíveis causas. O papel da vegetação natural no processo de expansão dos areais é discutido, sugerindo que alternativas de revegetação e prevenção ao surgimento dos areais podem ser encontradas nos próprios areais.

1.1. Deserto ou Areal?

Na década de setenta do século XX, com o crescente interesse da FAO/ONU pelos processos acelerados de degradação de solos o uso do termo deserto expandiu-se (Azevedo & Kaminski, 1995). Nessa época o Rio Grande do Sul identifica os seus “desertos”, até então, conhecidos como areais e inseridos na paisagem regional (Suertegaray, 1995).

Desertificação, de acordo com as Nações Unidas, Convenção Internacional sobre Desertificação e Agenda 21 da Rio 92, é a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas resultantes de fatores diversos tais como as variações climáticas e as atividades humanas. Por

degradação da terra entende-se: a) Degradação dos solos e recursos hídricos; b) degradação da vegetação e da biodiversidade; c) redução da qualidade de vida da população afetada. A aplicação do escopo da Convenção e a definição do processo de desertificação, portanto, restringe-se às regiões semi-áridas e subúmidas secas do mundo (Desert, 2002; MMA, 2002).

No Brasil, o mapeamento da desertificação é recente. O primeiro levantamento somente foi realizado na década de setenta, como parte do relatório brasileiro para a Conferência de Nairóbi. Segundo a definição contida na Convenção Mundial de Luta Contra a Desertificação, a área susceptível aos processos de desertificação estão na Região Nordeste, particularmente, no semi-árido. Neste, o processo de desertificação vem comprometendo de forma muito grave uma área de 98.595 km² e de forma grave área equivalente a 81.870 km², totalizando 181.000 km² (Desert, 2002).

Na Figura 1 pode-se observar a localização dessas áreas e de outras três categorias adotadas no sistema de classificação do diagnóstico do Ministério do Meio Ambiente (MMA), ou seja, áreas moderadas com processos de antropismo, os “núcleos de desertificação” e “áreas de atenção especial”.



Figura 1. Diagnóstico da desertificação no Brasil. A área em destaque representa o local de ocorrência de áreas de atenção especial no Sudoeste do Rio Grande do Sul (Adaptado de Desert, 2002).

A definição de “Áreas de Atenção Especial”, no Rio Grande do Sul, refere-se especificamente às ocorrências de areais no Sudoeste do Estado, entre as latitudes de 29° 00’ S e 31° 00’ S e as longitudes de 54° 30’ W e 58° 45’ W. Essas áreas estão nos municípios Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará, Manoel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Francisco de Assis e Unistalda (Tabela 1 e Figura 2) (Suertegaray et al., 2001).

Como pode-se observar na Tabela 1, considerando-se a área absoluta e/ou relativa coberta por areais, destacam-se os municípios de Alegrete, Maçambará, Manoel Viana e São Francisco de Assis. Tratam-se, na verdade, de áreas concentradas em manchas de tamanho variável localizadas

em propriedades particulares, o que não fica evidenciado se observados somente os valores de cobertura relativos ao tamanho de cada município.

Tabela 1: Municípios do Sudoeste do Rio Grande do Sul com ocorrência de areas, área total, área de areas e percentual de cobertura de areas em cada município (Adaptada de Suertegaray et al., 2001).

Município	Área Municipal -----km ² -----	Área de areas	% de areas
<i>Alegrete</i>	7891,92	13,21	0,1675
Cacequi	2353,52	0,14	0,0061
Itaqui	3291,99	0,18	0,0056
<i>Maçambará</i>	1668,83	4,62	0,2773
<i>Manoel Viana</i>	1677,75	5,48	0,3270
Quaraí	3255,60	2,99	0,0920
Rosário do Sul	4404,61	1,12	0,0255
São Borja	3525,65	2,77	0,0435
<i>São Francisco de Assis</i>	2171,14	5,88	0,2712
Unistalda	641,47	0,24	0,0380

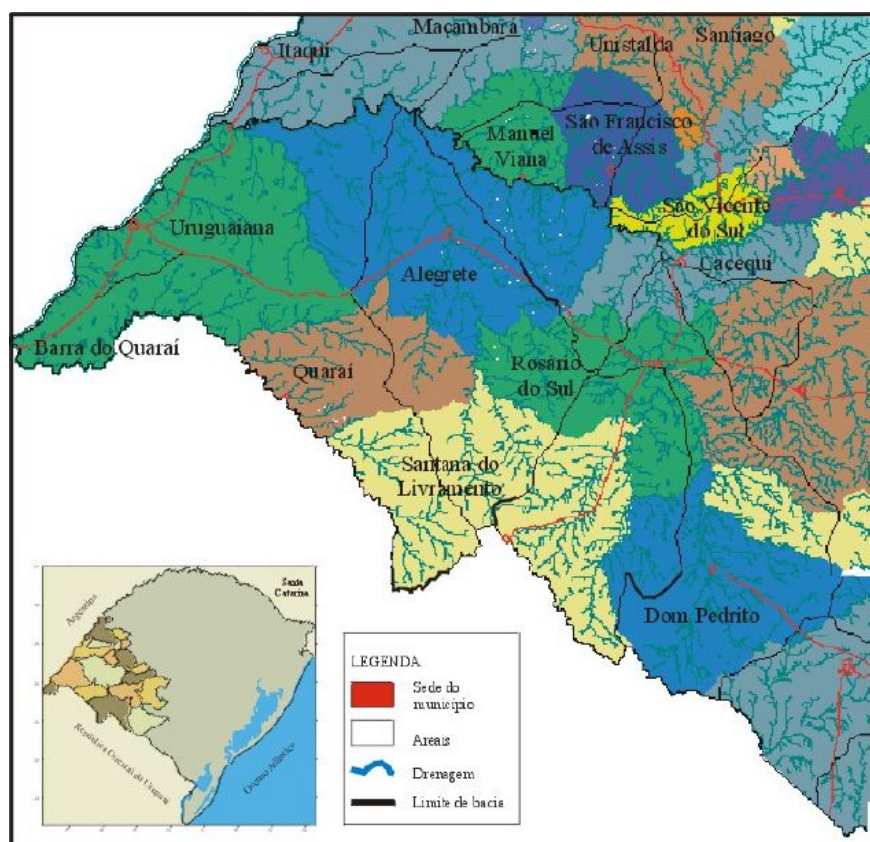


Figura 2. Localização geográfica dos areas do Sudoeste do Rio Grande do Sul (Adaptado de Suertegaray et al., 2001).

1.2. O que são Areais?

Processos erosivos de origem hídrica e/ou eólica agindo sobre substratos areníticos inconsolidados, no Sudoeste do Rio Grande do Sul, levam a progressiva degradação conjunta de extensões de vegetação campestre e solo. Os processos erosivos, ao remobilizarem depósitos areníticos inconsolidados, criam áreas mais ou menos extensas de areia sem cobertura vegetal.

De acordo com o tipo de origem e o estágio de expansão observa-se, com maior ou menor intensidade, a presença de ravinas e/ou voçorocas, canais de transporte de sedimentos pela água da chuva (Suertegaray et al., 2001) e montes de areia, depósitos de areia transportados pelo vento (Ab'Saber, 1995). Em um areal já estabelecido, é o seu núcleo que se destaca. O *núcleo* pode ser caracterizado pela extensão de areia com cobertura vegetal incipiente ou inexistente e o constante transporte pluvial e eólico de substrato arenítico avançando sobre o manto de vegetação do *entorno*. O entorno do areal e o núcleo de arenização são de extensão variável e apresentam vegetação com uma composição de espécies bem característica.

Atualmente quase nada se conhece da vegetação natural do entorno de areais. O conhecimento existente é referente à vegetação natural da região de arenização (Marchiori, 1995; Verdum, 1997). A vegetação predominante na paisagem é a vegetação campestre, sendo freqüente a ocorrência de campos de areia, manchas de vegetação onde predominam *Butia paraguayensis* (Marchiori, 2002) e *Elyonurus* sp. entre outras espécies. A vegetação silvática restringe-se, praticamente, a algumas encostas e chapadões de arenito,

sobretudo ao norte do rio Ibicuí, bem como às faixas que acompanham os principais cursos d'água (Marchiori, 1995).

Em um areal, na borda limítrofe entre a vegetação natural do entorno e o núcleo de arenização, observa-se a constante expansão da arenização e o seu efeito sobre a vegetação natural do entorno, onde ocorrem as deposições eólicas de arenito, os “montões” de areia (Ab'Saber, 1995).

1.3. O processo de arenização

O desenvolvimento de alternativas de prevenção e revegetação de areais passa necessariamente pelo entendimento da dinâmica de areais já existentes. Propomos neste trabalho que um areal deve ser percebido a partir da sua relação com a vegetação natural submetida a interferências antrópicas, tanto no entorno como no núcleo de arenização, e que por isso a vegetação natural pode ser importante no processo de reversão do processo de arenização e de prevenção à arenização. Os areais representam provavelmente o passado dos campos de areia. A interferência antrópica, ignorando a implícita fragilidade deste ecossistema (Ab'Saber, 1995; Marchiori, 1995; Suertegaray et al., 2001), adota práticas insustentáveis que levam a uma regressão no processo de construção pedológica. A reversão da expansão do processo de arenização somente ocorrerá com a prevenção do surgimento de novos focos de arenização e a revegetação de areais.

A partir das definições de *padrões* e *processos* descritos por Anand (1997) e Pillar (2000) pode-se dizer que a dinâmica de areais pode ser evidenciada pela identificação de padrões de variação de comunidades

vegetais do entorno, que se repetem no espaço e/ou no tempo, e de suas relações com fatores ambientais e de manejo.

A variação na comunidade vegetal do entorno de areais além de revelar padrões configura processos de substituição de populações que podem ser observados no espaço e no tempo, em diferentes escalas. Por exemplo, a ocupação ou liberação de espaços pelas espécies com uma maior ou menor tolerância ao processo de arenização define um processo. Os mecanismos de supressão da cobertura vegetal e expansão dos areais são determinados pelo transporte hídrico e eólico do substrato arenoso sobre a vegetação campestre do entorno de um areal.

O processo de arenização assim definido tem como principais fatores determinantes o material de origem do substrato e o manejo da cobertura vegetal, como representado na Figura 3. Segundo Suertegaray et al. (2001) são fatores determinantes do início do processo de arenização o material de origem do substrato, o relevo e a interferência antrópica. O desenvolvimento de novos focos e a expansão do processo de arenização ocorrem sobre depósitos areníticos inconsolidados submetidos a uma interferência antrópica produtora de escarificações na cobertura vegetal e no solo, combinados com outros fatores, tais como intensidade e frequência de chuvas e ventos e inclinação do terreno. Distúrbios na vegetação natural determinam o surgimento de um tipo de escarificação, um embrião de duna, possibilitando a ação dos processos eólicos sobre a vegetação do entorno e/ou núcleo de arenização, acentuando ou atenuando o processo erosivo e acumulador, deslocando os “montões” de areia, segundo a direção geral dos

ventos atuantes na região (Ab'Saber, 1995). Os ventos mais freqüentes são aqueles entre as direções Leste e Sul (Amarante & Silva, 2002).

Acreditava-se que o surgimento dos areais estava diretamente associado à Formação Botucatu (Souto, 1985). A distribuição da formação Botucatu, no entanto, é ampla e a presença de areais não acompanha necessariamente essa distribuição (Suertegaray et al. 2001). Os areais ocorrem apenas em determinados locais segundo uma combinação de fatores.

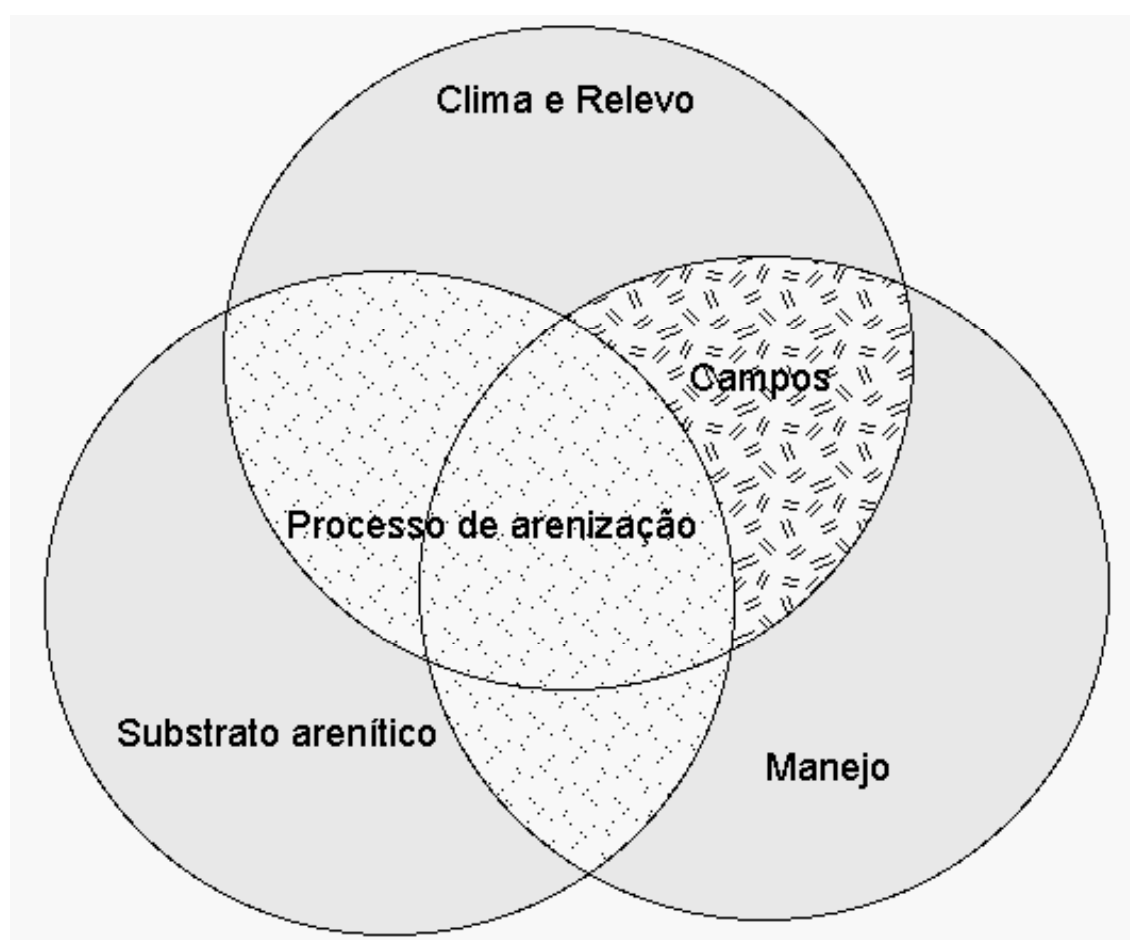


Figura 3. Modelo conceitual do processo de arenização.

A gênese da arenização, avaliada a partir de uma combinação de fatores edáficos, geomorfológicos e climáticos se define numa primeira fase pela formação de ravinas. Na continuidade do processo, as ravinas podem ou

não evoluir para voçorocas, alargando suas bordas por erosão lateral e regressiva. Com a ocorrência de chuvas torrenciais há o transporte de sedimentos arenosos e o conseqüente depósito em leque à jusante. A erosão hídrica e a interferência antrópica são, portanto, responsáveis pelo início do processo de arenização, em condições de declividade e posição no relevo favoráveis. A erosão eólica, por outro lado, age remobilizando o substrato arenítico inconsolidado transportado na erosão hídrica. A evolução do processo de arenização é acompanhada por uma intensa ação da erosão eólica (Suertegaray, 1987; Ab'Saber, 1995; Suertegaray, 1995; Suertegaray et al., 2001).

Quanto ao material de origem do substrato, nos municípios de São Francisco de Assis, Manoel Viana e parte do município de Alegrete observa-se, estratigraficamente, três unidades: sub-grupo Rio do Rasto, Formação Botucatu e Formação Serra Geral. Como pode-se observar, em São Francisco de Assis, a Sudeste, aparecem arenitos e lutitos de origem fluvial. Sobrepostos a esta litologia encontram-se os arenitos componentes da Formação Botucatu e acima desta formação sedimentar, a Leste, encontra-se a Formação Serra Geral, uma seqüência de derrames de natureza basáltica com intercalações de arenitos intertrapeanos (Maciel Filho & Sartori, 1979). Destaca-se, no entanto, a ampla distribuição da Formação Botucatu, principalmente no município de São Francisco de Assis.

Os locais de ocorrência dos areais assentam-se sobre substrato arenítico da Formação Botucatu (Maciel Filho & Sartori, 1979; Suertegaray, 1987; Suertegaray, 1995; Ab'Saber, 1995; Suertegaray, 1998; Suertegaray et

al., 2001). A Formação Botucatu caracteriza-se por apresentar arenitos avermelhados de deposição eólica Mesozóica, mais precisamente no Jurássico. Originalmente cobria uma superfície estimada de 1.300.000 km² constituindo o maior deserto fossil já conhecido no mundo (Leonardi & Carvalho, 1999).

O surgimento e posterior expansão dos areais está diretamente relacionado a depósitos arenosos não consolidados de deposição hídrica e eólica no Pleistoceno e Holoceno (Maciel Filho & Sartori, 1979; Suertegaray, 1995; Ab'saber, 1995; Suertegaray, 1998; Suertegaray et al., 2001).

Os núcleos de arenização estão inclusos principalmente na unidade de mapeamento de solos Cruz Alta (Latossolo Vermelho Escuro, com ocorrência de areias quartzosas, mas também de solos Podzólicos das unidades São Pedro e Santa Maria), manifestando-se predominantemente sobre as areias quartzosas. Os teores de argila desses solos oscilam entre 6 a 12% e a acumulação de matéria orgânica é da ordem de 0,1 a 0,7%, refletindo-se na baixa capacidade de armazenamento de nutrientes e de água no solo (Azevedo & Kaminski, 1995).

Outro fator determinante da arenização, segundo Suertegaray et al. (2001), é o relevo. O relevo associado a substratos arenosos inconsolidados de deposição recente, pode ser determinante do início do processo de arenização. Encostas longas e declivosas favorecem o surgimento de areais por potencializar o poder erosivo de chuvas torrenciais. Arais ocorrem principalmente no contato abrupto entre duas litologias diferentes permitindo o escoamento das águas e o surgimento de ravinas e/ou voçorocas. Como pode

ser observado em zonas de contato entre morros de arenito silicificado e depósitos arenosos (Suertegaray et al., 2001) (Figura 4a).

Em São Francisco de Assis e Manoel Viana, a feição geomorfológica mais conspícua é o relevo tabuliforme, caracterizado por elevações com o topo plano na cota de 200 m aproximadamente e encostas abruptas, muitas vezes quase verticais, com a concavidade voltada para cima. Esta feição de relevo foi esculpida na Formação Botucatu que, devido à sua natureza arenítica, é favorável ao desenvolvimento de relevo ondulado, muito embora as escarpas não seriam tão íngremes se não fosse a silicificação das mesmas (Maciel Filho & Sartori, 1979).

A presença de areais, no entanto, também é observada em áreas de baixa altitude e declividade, como observado em areais que ocorrem sobre substrato arenoso (Figura 4b, 4c). Nos municípios de São Francisco de Assis, Manoel Viana e Alegrete pode-se observar a presença de areais nas duas condições topográficas descritas e em locais planos.



Figura 4: a) Areal localizado na encosta de morro de arenito silicificado. São Francisco de Assis, 11/07/1999; b) Areal localizado em coxilha de baixa altitude. Na parte mais alta a presença de arenito silicificado. Alegrete, 25/10/2000; c) Areal localizado em coxilha de baixa altitude. Manoel Viana, 09/02/2000.

Como bem define Ab'Saber (1995), os ventos possuem papel relevante no desenvolvimento de areais em coxilhas. O fator determinante do início da arenização passa a ser a interferência antrópica direta ou indireta. Esta interferência se torna relevante na remoção ou redução da cobertura vegetal, como um agente escarificador potencializando o efeito erosivo do vento (Ab'Saber, 1995) e da chuva (Suertegaray et al., 2001). Sendo mantido o distúrbio antrópico, a erosão pode evoluir até um intenso transporte do substrato arenoso. Trata-se pois de solo em plena formação apresentando fraca tolerância a processos erosivos, consequência dos baixos teores de argila e a baixa taxa de acúmulo de matéria orgânica (Azevedo & Kaminski, 1995). O impacto da erosão eólica é potencializado pela contínua remoção de biomassa, como observado em locais manejados sob pastoreio intensivo. Com a intensificação do uso agrícola, a erosão hídrica passa a ser o fator determinante da evolução do processo de arenização, sendo ineficiente a cobertura vegetal mantida.

2. CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE DO ENTORNO DE AREAIS

“Um dos sentimentos mais nobres e humanos é o amor à terra que nos viu nascer. Amá-la-emos na medida dos conhecimentos que dela tivermos quanto a seu povo, sua história, sua geografia física e humana, suas riquezas geológicas, petrográficas, zoológicas, botânicas, seu clima, seu comércio, sua indústria, o lugar que ocupa dentro da grande pátria e esta no imenso concerto das nações.” (Jaeger, 1956)

2.1. Introdução

Neste capítulo é feita uma caracterização da vegetação campestre do entorno de areais. São considerados areais localizados nos municípios de Manoel Viana, São Francisco de Assis e Alegrete. Para esta caracterização somente foram observados areais manejados sob pastoreio e excluídos do pastoreio, sem histórico de uso agrícola.

Como vimos no Capítulo 1, no Rio Grande do Sul há muito preocupam as extensões crescente de areais. Observa-se uma expressiva ocorrência dessas áreas distribuídas entre as latitudes 29° 00 S e 31° 00 S e as longitudes de 54° 30' W e 58° 45' W Gr (Suertegaray, 1995). A bacia do rio Ibicuí concentra a maior cobertura de areais, nos municípios de Alegrete, Manoel Viana e São Francisco de Assis (Suertegaray, 1995). A vegetação campestre é predominante (Boldrini, 1997), sendo a vegetação silvática restrita aos cursos d'água e aos morros de arenito silicificados (Marchiori, 1995; Marchiori, 2002), principalmente ao norte do rio Ibicuí (Marchiori, 1992).

A partir da identificação do processo de arenização e a expansão dos areais com a intensificação da exploração agrícola na década de 1970, houve uma intensa busca por alternativas de reversão do processo de arenização calcadas no cultivo de espécies arbóreas. Entre essas propostas destaca-se o plano piloto de Alegrete estabelecido em 1978 no “Deserto do São João” (Souto, 1985). Foram avaliados os cultivos de espécies arbóreas, frutíferas e florestais, nativas e exóticas, bem como espécies forrageiras, gramíneas e leguminosas. A maior ênfase e o melhor resultado do projeto foi o cultivo de espécies arbóreas, principalmente o eucalipto e o pinus. Desde então estudos de gênese dos areais e cultivos de espécies arbóreas têm sido conduzidos principalmente utilizando o eucalipto.

Tem sido ignorado o papel da vegetação natural no processo de arenização e o conhecimento local para a contenção do processo de arenização. A valorização da cultura local deve prevalecer na busca de alternativas de revegetação de areais, pois podem representar soluções viáveis e mais sustentáveis. Estas são alternativas locais a problemas locais e, assim, são tecnologias conhecidas e não precisam ser adaptadas. A exclusão do pastoreio temporariamente ou por tempo indefinido são tecnologias que dispomos para a prevenção da arenização e a revegetação de areais, já sugerida e utilizada por proprietários que apresentam áreas em processo de arenização, bem como o senso comum da região. Mueller-Dombois (1981), analisando o resultado de monitoramento do desenvolvimento da vegetação após a remoção de caprinos selvagens em vegetação campestre tropical no Havaí por 10 anos, observou o desenvolvimento de quatro categorias

dinâmicas de espécies campestres: as que decresceram, as que aumentaram, as persistentes estáveis e as persistentes instáveis.

A valorização de alternativas como a exclusão do pastoreio e revegetação natural somente ocorrerá a partir da identificação das espécies vegetais e das comunidades que persistem nos areais e o papel que desempenham na prevenção e revegetação de areais e no sistema de produção pastoril ou agrícola.

Como definir alternativas de revegetação duradouras e/ou de prevenção da arenização se não conhecermos os areais como sistemas naturais, sejam eles de origem antrópica ou não? A vegetação natural do entorno é crucial para a compreensão do processo de arenização, pois os areais são extensões de área sem a cobertura vegetal campestre dominante na região.

A fisionomia dos campos do Rio Grande do Sul vem sendo moldada pelas mudanças climáticas e efeitos antrópicos desde o final do Pleistoceno (Pillar & Quadros, 1997; Quadros, 1999; Quadros & Pillar, 2002, Behling, 1995; Behling, 1997a; Behling, 1997b; Behling, 1998). A manutenção da cobertura vegetal natural depende da capacidade das comunidades campestres em tolerar distúrbios naturais e/ou antrópicos. A vegetação campestre desenvolvida em solos susceptíveis a arenização apresenta em sua composição espécies adaptadas a esse sistema. Esse potencial é claramente evidenciado em areais estabelecidos, onde se pode observar o desenvolvimento de uma comunidade vegetal característica e diferenciada da vegetação natural campestre da região.

Os solos com maior susceptibilidade a arenização evidenciam manchas de vegetação formando mosaicos na paisagem (Marchiori, 1992). Campos de areia caracterizam-se pela presença de *Butia paraguayensis*, principalmente em São Francisco de Assis e Manoel Viana, pode ser observado também em Alegrete (Marchiori, 1992), sendo provavelmente um indicador do potencial de adaptação das comunidades vegetais campestres do Sudoeste do Rio Grande do Sul a mudanças edáficas.

A litologia dos areais e o processo de erosão e remobilização desse substrato é conhecida (Suertegaray, 1987; Suertegaray, 1995, Suertegaray, 1998; Ab'Saber, 1995; Azevedo & Kaminski, 1995). Porém, pouco se sabe sobre a composição das comunidades vegetais campestres nativas e/ou naturais do entorno e sobre as espécies que persistem e/ou colonizam os areais. Talvez por isso tenha sido até agora ignorado em propostas de revegetação dos areais (Souto, 1985) o potencial das espécies nativas e a adoção de medidas de prevenção da arenização que estimulem o desenvolvimento da vegetação natural.

Para Marchiori (1992) a pouca agressividade da flora campestre na colonização dos areais associada a uma incipiente cobertura vegetal dos campos susceptíveis a arenização, contribuem para explicar a fragilidade deste ecossistema. Visto assim, desconsidera-se um outro aspecto passível de observação, este sim de relevância para o processo de arenização, que é o desenvolvimento de comunidades vegetais compostas por espécies que apresentam adaptações a diferentes condições edáficas (Marchiori, 1992; Marchiori, 2002). Assim, a vegetação presente em campos de areia e em

areais representam não o determinante do processo de arenização, mas sim a resposta a um processo erosivo iniciado por um manejo inadequado da vegetação, como pastoreio excessivo ou outro mecanismo de escarificação. O desconhecimento da existência de uma vegetação natural que adapta-se à arenização e sua tipificação leva-nos à tomada de decisões equivocadas na revegetação de areais.

A composição de espécies vegetais de um determinado local é reflexo do clima dominante, enquanto que as variações estacionais e anuais na precipitação e temperatura têm um papel central na dinâmica das populações no tempo. No entanto, existe uma considerável variabilidade espacial na paisagem e as variáveis climáticas, em uma escala mais ampla, não explicam os padrões espaciais de variação da vegetação numa escala local. Solo e relevo exercem uma forte influência nos padrões de distribuição, crescimento e abundância de plantas na paisagem, através da regulação da disponibilidade de umidade de precipitação e conseqüentemente a disponibilidade de nutrientes. O pastejo exerce influência a este nível e também nos processos em comunidades vegetais (Archer e Smeins 1991; Boldrini & Maraschin, 1991; Pillar et al., 1992).

A vegetação natural dominante na região é a vegetação campestre Marchiori (2002). A família das gramíneas é dominante na estrutura horizontal desses campos, compreendendo diversas espécies de *Agrostis*, *Aristida*, *Axonopus*, *Chloris*, *Eleusine*, *Elyonurus*, *Eragrostis*, *Panicum* e *Paspalum*, entre outros. Destacam-se as espécies tradicionalmente associados à xeromorfia pela presença de microfilia, xilopódios, etc., além do contingente de

espécies dotadas de abundante pilosidade nas folhas, flores e demais órgãos como *Waltheria douradinha* (*Sterculiaceae*), *Macrosiphonia guaranítica* (*Apocynaceae*), de numerosos *Croton* (*Euphorbiaceae*), de diversas mimosas (*Mimosa acerba*, *M. crudenta*, *M. trachycarpa*, *M. ramboi*) bem como leguminosas pertencentes aos gêneros *Adesmia*, *Chamaecrista*, *Desmodium* e *Lupinus*, amarantáceas, labiadas (*Hedeoma*, *Salvia*, *Hyptis*), verbenáceas (*Lippia*, *Aloysia*) e turneráceas (Marchiori, 1995).

Este trabalho teve como principal objetivo caracterizar através de levantamento comunidades campestres presentes no entorno de alguns areais usados sob pastoreio ou sob exclusão com vistas a avaliar preliminarmente a importância do papel das comunidades campestres no processo de expansão ou regressão da arenização.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Amostragem e descrição da vegetação:

O clima da região é subtropical úmido (Moreno, 1961) do tipo Cfa na classificação de Köppen. A normal de precipitação anual total da estação meteorológica mais próxima, Santa Maria, é de 1686,1 mm (Brasil, 1992). Foram selecionados onze areais em propriedades particulares, três areais em Manoel Viana, cinco em Alegrete e outros três em São Francisco de Assis. Dos areais observados oito eram manejados sob pastoreio principalmente com bovinos e secundariamente ovinos e eqüinos, dois em Manoel Viana e São Francisco de Assis e quatro em Alegrete. Sob exclusão do pastoreio foram observados três areais, um em cada um dos municípios. Destes últimos, os localizados em Alegrete e São Francisco de Assis tinham no início deste

trabalho aproximadamente quatro anos de exclusão. No areal manejado sob exclusão em Manoel Viana foram caracterizadas duas comunidades na área excluída e outras duas comunidades no entorno pastejado.

Em cada areal, considerando-se a cobertura vegetal existente, foram identificados o núcleo de arenização, caracterizado pela inexistência ou a rara presença de cobertura vegetal, o entorno do núcleo de arenização com a presença de vegetação campestre, objeto do levantamento, e uma zona de transição entre o núcleo e a vegetação campestre do entorno. Unidades amostrais de 4,5 x 9,0 m foram demarcadas no entorno dos areais usando amostragem preferencial, conforme Mueller-Dombois & Elleberg (1974). Optou-se por este tamanho de parcela tendo em vista a baixa densidade das comunidades.

A demarcação das unidades amostrais foi antecedida por um reconhecimento visual da estrutura da vegetação natural de entorno para que fossem identificadas subdivisões na cobertura vegetal que pudessem caracterizar manchas de vegetação homogênea (Mueller-Dombois & Elleberg, 1974). Em cada mancha de vegetação identificada pelo observador no dia da avaliação foi delimitada uma unidade amostral representativa desta. Assim, o número de unidades amostrais foi variável em cada areal, sendo no total do levantamento demarcadas 41 unidades amostrais, destas 11 avaliadas em areais de Manoel Viana, 14 em São Francisco de Assis e 16 em areais de Alegrete. As unidades amostrais tiveram suas posições georrefenciadas.

As unidades amostrais foram descritas quanto à sua composição florística. Para tanto, procedeu-se ao inventário dos táxons de plantas

vasculares presentes na parcela e a estimativa da respectiva abundância-cobertura usando a escala de Braun-Blanquet (1979). Na medida do possível, a determinação taxonômica foi feita pelo autor até o nível de gênero ou espécie. Quando a determinação não foi possível, o táxon foi identificado consistentemente como um morfotipo. Indivíduos de todos os táxons foram coletados e herborizados. Os inventários das comunidades dos areas de Manoel Viana foi realizado nos dias 08 (29°29'16S e 55°27'38W) e 09 de fevereiro (29°22'43S e 55°32'33W) de 2000, nos areas de São Francisco de Assis os levantamentos foram em 19 (29°23'50S e 55°09'18W) e 20 de junho (29°33'01S e 55°11'49W) e 22 de dezembro de 2000 e as comunidades dos areas de Alegrete nos dias 20 de dezembro (21 665565E e 6717830N) e 25 de outubro (29°39'30S e 55°23'58W) de 2000 e 17 e 18 de janeiro de 2001 (21 665565E e 6717830N).

2.2.2. Análise dos dados:

Métodos de análise multivariada de ordenação e agrupamento foram utilizados com o objetivo de identificar padrões de variação da composição florística das comunidades vegetais. Previamente à análise, os dados de abundância-cobertura na escala de Braun-Blanquet foram transformados para a escala de Maarel (1979), que atribui valores de 1, 2, 3, 5, 7, 8 e 9 respectivamente aos símbolos r, +, 1, 2, 3, 4 e 5 da escala de Braun-Blanquet. A análise foi realizada em duas escalas de agregação dos dados; uma baseada na composição florística quantitativa média de cada areal (11 areas) e outra considerando o total de 41 unidades amostrais. As análises foram

executadas utilizando-se os aplicativos computacionais SYNCOSA (Pillar, 2002) e MULTIV (Pillar, 2001).

Os métodos de análise multivariada a seguir mencionados são revisados em Podani (2000) e Legendre & Legendre (1998) e por isso não serão aqui descritos com detalhes. Os dados foram submetidos a análise de coordenadas principais e análise de agrupamento. A medida de semelhança utilizada foi a distância de corda entre unidades amostrais. Optou-se por esta medida de semelhança para padronizar possíveis variações na estimativa visual de abundância-cobertura, considerando que os dados foram coletados em diferentes datas. O critério utilizado na análise de agrupamentos foi a variância mínima dentro de grupo formado; o processo de agrupamento foi aglomerativo. O número de grupos (nível de partição) foi determinado *a posteriori* a partir do resultado da análise de nitidez de grupos, avaliada pelo método auto-reamostragem (“bootstrap”) (Pillar, 1999b), que fornece a probabilidade necessária para avaliar a estabilidade da partição. Método de auto-reamostragem foi também aplicado para testar a estabilidade dos eixos de ordenação (Pillar, 1999a). As análises usando auto-reamostragem foram executadas pelo aplicativo computacional MULTIV (Pillar, 2001).

Para melhor visualização dos resultados observados utilizou-se a opção “biplot” oferecida pelo aplicativo computacional SYNCOSA (Pillar, 2002), que permite plotar em um mesmo diagrama de ordenação as unidades amostrais e as variáveis mais correlacionadas com os eixos de ordenação. O limiar de correlação utilizado para plotar as variáveis foi escolhido de modo a

permitir melhor visualização dos diagramas de ordenação, eliminando variáveis menos relevantes para a interpretação dos eixos principais de variação.

Na análise foram também utilizadas medidas descritivas da complexidade e diversidade (entropia) das comunidades vegetais, conforme Anand & Orłóci (1996) e Orłóci et al. (2002) e implementadas no aplicativo MULTIV (Pillar 2001). Para o cálculo da entropia foi utilizada a equação de Rényi, a qual aplica um fator α de escala, que neste caso foi $\alpha = 12$ (o conhecido índice de diversidade de Shannon é um caso especial da equação de Rényi quando α é infinitamente próximo de 1). Foi usado logaritmo base 2.

Para o cálculo da complexidade total, complexidade estrutural e entropia em bits os dados da escala de Maarel (1979) foram transformados para percentual de cobertura (1=0,05%, 2=0,1%, 3=0,25%, 5=15%, 7=37,5%, 8=62,5%, 9=87,5%).

2.3. Resultados

2.3.1. Padrões de variação da vegetação: Dados agregados por areal

A partir da composição florística média e dos componentes material morto e substrato exposto da vegetação descrita no entorno dos areais buscou-se identificar tipos de comunidades vegetais. O dendrograma da análise de agrupamento (Figura 1a) mostra as possíveis partições em grupos e a análise de nitidez de grupos (Figura 1b) indica que as partições em dois e quatro grupos de areais apresentam probabilidade $P(G^0 \leq G^*) > 0,1$, ou seja, grupos que poderiam ser considerados nítidos. No entanto, a partição em

quatro grupos apresenta probabilidade muito próxima do limiar e portanto consideraremos apenas dois grupos nítidos.

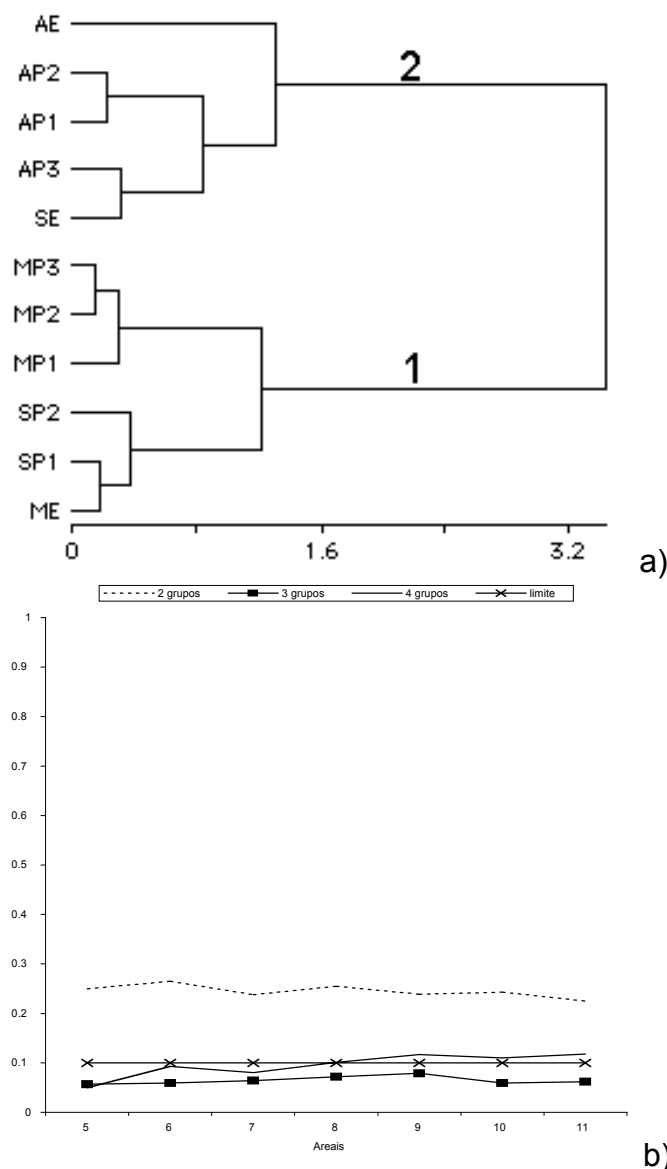


Figura 1. a) Dendrograma da análise de agrupamento de areas descritas pela abundância-cobertura média das espécies componentes da vegetação natural do entorno. O critério de formação de grupos foi a variância mínima dentro do grupo formado (abscissa). Os areas estão identificados por combinações de letras e números representando a localização do areal (M= Manoel Viana, S= São Francisco de Assis, A= Alegrete), o manejo (E= exclusão do pastoreio, P= mantido sob pastoreio) e o número do areal no local (1 a 3). b) Probabilidades do teste de nitidez para partição em dois, três e quatro grupos de areas através de auto-reamostragem “bootstrap”. Há nitidez para dois e quatro grupos de unidades amostrais, pois apresentaram probabilidades superior a 0,1.

O grupo 1 (parte inferior do dendrograma) caracteriza os areais localizados em Manoel Viana (MV) sob os manejos de pastoreio e exclusão e os areais localizados em São Francisco de Assis (SFA) manejados somente sob pastoreio. Já o grupo 2 (parte superior do dendrograma) representa as comunidades observadas nos areais localizados em Alegrete, manejados sob pastoreio e exclusão e o areal localizado em São Francisco de Assis excluído do pastoreio (Figuras 1, 2 e Tabela 1).

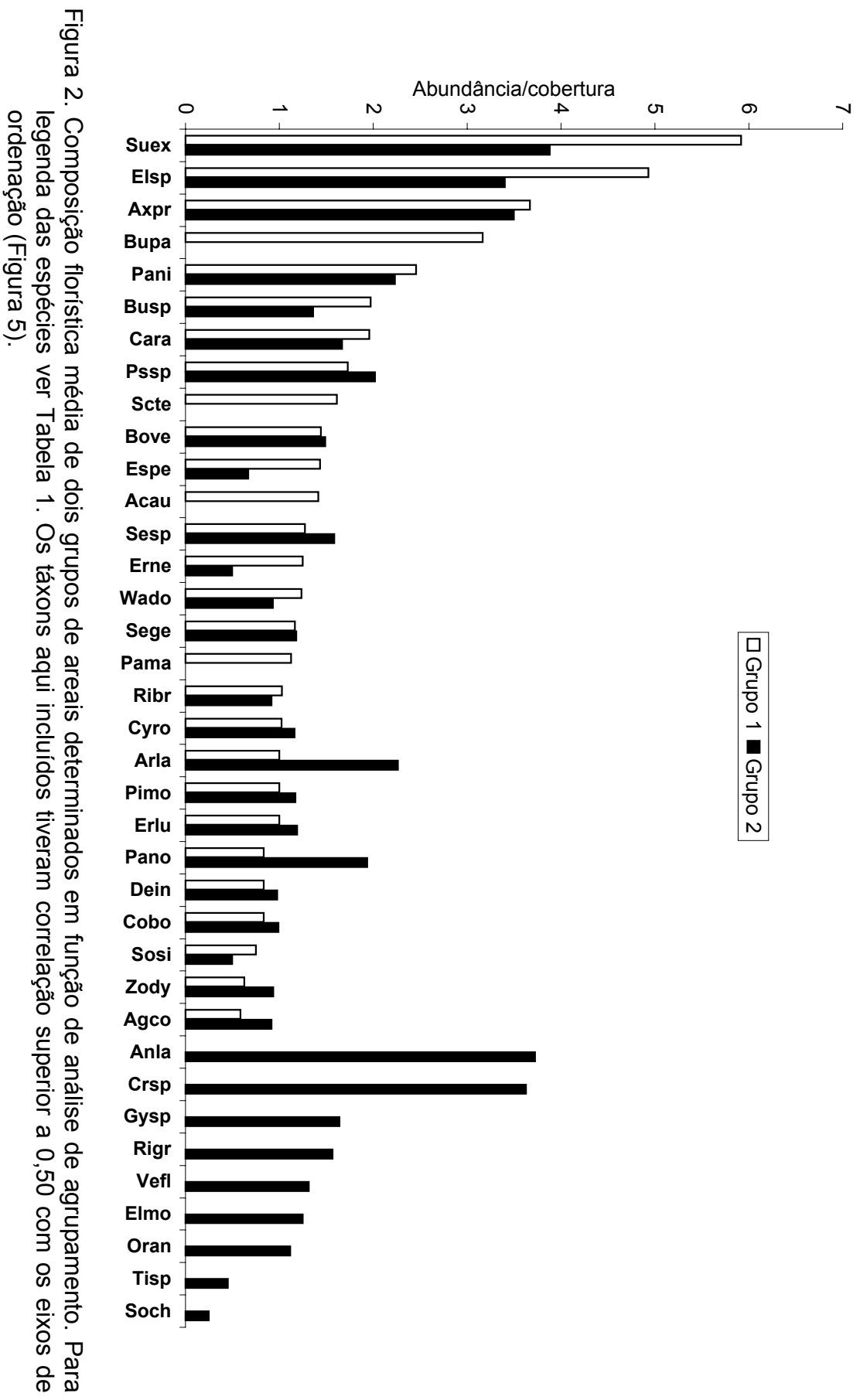


Tabela 1. Abundância-cobertura (Maarel) média de táxons e substrato exposto em 11 areas localizados em Manoel Viana, São Francisco de Assis e Alegrete, manejados sob pastoreio e exclusão do pastoreio. Os táxons aqui incluídos tiveram correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Figura 3). Os grupos obtidos por análise de agrupamentos estão indicados (Figura 2).

Grupos (Análise de agrupamentos)	1		1		1		2		2		2	
	Manoel Viana						São F. de Assis		Alegrete			
	Local		Manejo		Excl.		Pastejado		Excluído		Pastejado	
<i>Eragrostis lugens</i> (Erlu)	0.50	2.00	1.00	1.33	0.67	0.50	1.50	-	0.25	1.00	2.00	
<i>Paspalum nicorae</i> (Pani)	-	3.00	2.50	4.00	0.33	-	4.75	0.40	2.50	1.00	2.50	
<i>Gymnopogon spicatus</i> (Gysp)	-	-	-	-	-	-	0.50	1.20	2.00	2.50	2.00	
<i>Andropogon lateralis</i> (Anla)	-	-	-	-	-	-	-	3.40	4.50	3.00	4.00	
<i>Waltheria douradinha</i> (Wado)	-	2.00	1.00	2.00	0.17	1.00	1.50	0.40	0.75	1.00	1.00	
<i>Croton</i> sp. (Crsp)	-	-	-	-	-	-	3.75	-	3.50	3.25	4.00	
<i>Piptochaetium montevidense</i> (Pimo)	-	1.00	-	-	-	-	0.50	0.60	1.25	1.00	2.50	
<i>Elyonurus</i> sp. (Elsp)	6.50	3.50	4.25	5.00	5.83	4.50	3.25	2.00	4.00	6.25	1.50	
<i>Solanum sisymbriifolium</i> (Sosi)	-	-	0.50	1.00	-	-	0.50	-	-	-	-	
<i>Butia paraguayensis</i> (Bupa)	3.00	2.50	-	-	4.00	-	-	-	-	-	-	
Substrato exposto (Suex)	3.50	6.00	6.75	5.67	7.83	5.75	4.25	3.40	1.75	5.00	5.00	
<i>Digitaria swalleniana</i> (Disw)	-	2.00	1.50	2.00	0.67	1.00	-	-	0.50	0.50	1.00	
<i>Paspalum notatum</i> (Pano)	-	1.50	0.50	0.67	0.67	-	2.00	-	2.50	0.75	2.50	
<i>Cyperus rotundus</i> (Cyro)	-	1.50	0.75	1.67	0.17	-	1.50	0.80	2.00	0.50	1.00	
<i>Setaria geniculata</i> (Sege)	-	1.00	0.50	2.00	-	-	1.00	0.40	1.25	0.75	2.50	
<i>Elephantopus mollis</i> (Elmo)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.50	-	1.00	
<i>Papofurum macrospermum</i> (Pama)	0.50	1.00	1.00	2.00	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cardionema ramosissima</i> (Cara)	-	2.00	-	2.00	2.33	1.50	2.50	-	0.50	-	2.00	
<i>Desmodium incanum</i> (Dein)	-	1.00	-	0.67	-	-	-	0.40	1.00	0.50	2.00	
<i>Ortopapus angustifolius</i> (Oran)	-	-	-	-	-	-	1.50	0.60	1.25	-	-	
<i>Ageratum conyzoides</i> (Agco)	-	-	0.50	0.67	-	-	1.00	-	0.75	-	1.00	
<i>Conyza bonariensis</i> (Cobo)	-	1.00	-	1.33	0.17	-	1.00	0.20	1.00	0.25	2.50	
<i>Senecio</i> sp. (Sesp)	-	-	1.25	0.33	2.00	1.50	-	1.60	1.75	2.00	1.00	
<i>Axonopus pressus</i> (Axpr)	4.50	3.50	2.25	1.33	4.17	6.25	3.25	2.00	4.25	5.00	3.00	
<i>Vernonia flexuosa</i> (Vefl)	-	-	-	-	-	-	1.75	-	0.75	1.75	1.00	
<i>Aristida laevis</i> (Arla)	1.00	1.00	1.00	-	-	-	0.75	3.80	3.25	1.25	-	
<i>Schizachyrium tenerum</i> (Scte)	1.50	-	-	-	0.33	3.00	-	-	-	-	-	
<i>Tibouchina</i> sp. (Tisp)	-	-	-	-	-	-	-	0.40	0.50	-	-	
<i>Psidium</i> sp. + cf. <i>Blefarocalyx</i> sp. (Pssp)	-	1.00	1.00	2.67	-	2.25	2.25	1.60	1.00	1.25	4.00	
<i>Richardia brasiliensis</i> (Ribr)	-	1.00	0.75	1.33	-	-	0.75	-	0.75	1.25	-	
<i>Zornia dyphylla</i> (Zody)	-	-	0.25	1.00	-	-	0.25	-	1.50	1.50	0.50	
<i>Solidago chilensis</i> (Soch)	-	-	-	-	-	-	0.25	-	0.25	-	-	
<i>Bulbostilis</i> sp. (Busp)	2.50	2.50	1.50	2.00	1.83	1.50	1.00	0.80	1.00	1.50	2.50	
<i>Richardia grandiflora</i> (Rigr)	-	-	-	-	-	-	1.50	2.20	1.00	-	-	
<i>Eragrostis neesii</i> (Erne)	-	-	-	-	1.50	1.00	0.50	-	-	-	-	
<i>Borreria verticilata</i> (Bove)	-	1.50	1.50	1.33	-	-	2.00	1.20	1.75	1.00	-	

Como pode-se observar na Figura 2, ambos os grupos apresentam uma alta contribuição de *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus*, *Paspalum nicorae* e um alto percentual de substrato exposto. No entanto, somente foi registrada a presença de *Butia paraguayensis* nos areais do grupo 1 (MV pastejado e excluído, SFA pastejado), enquanto que *Andropogon lateralis*, *Croton* sp., *Gymnopogon spicatus*, *Richardia grandiflora*, *Vernonia flexuosa*, *Elephantopus mollis* e *Ortopapus angustifolius* somente foram observados em areais do grupo 2. *Aristida laevis* e *Paspalum notatum* foram encontrados com maior cobertura nos areais de Alegrete e SFA excluído.

Na Figura 3, os diagramas de ordenação representam a dispersão dos areais em função de sua composição florística e substrato exposto. O teste por auto-reamostragem da estabilidade dos eixos de ordenação encontrou probabilidades $P(\rho^0 \geq \rho) = 0,337$ e $P(\rho^0 \geq \rho) = 0,309$ respectivamente para o segundo e primeiro eixos. Essa probabilidade, de que as tendências de variação indicadas no diagrama de dispersão sejam obtidas com dados aleatórios, é uma medida inversa da confiabilidade da interpretação da ordenação. Os demais eixos de ordenação apresentaram probabilidades mais altas do que para os dois primeiros eixos.

Para facilitar a representação da ordenação dos areais e comparar com os fatores, localização do areal e manejo da vegetação natural, na Figura 3 são representadas interpretações da mesma análise de ordenação. O diagrama de ordenação mostra os dois grupos nítidos encontrados na análise de agrupamentos (Figura 3). As variáveis correlacionadas positivamente com o eixo I caracterizam o areal de SFA manejado sob exclusão e os areais

observados em Alegrete. Já os táxons correlacionados negativamente com o eixo I de ordenação caracterizam os areais pastejados de SFA e os areais de MV.

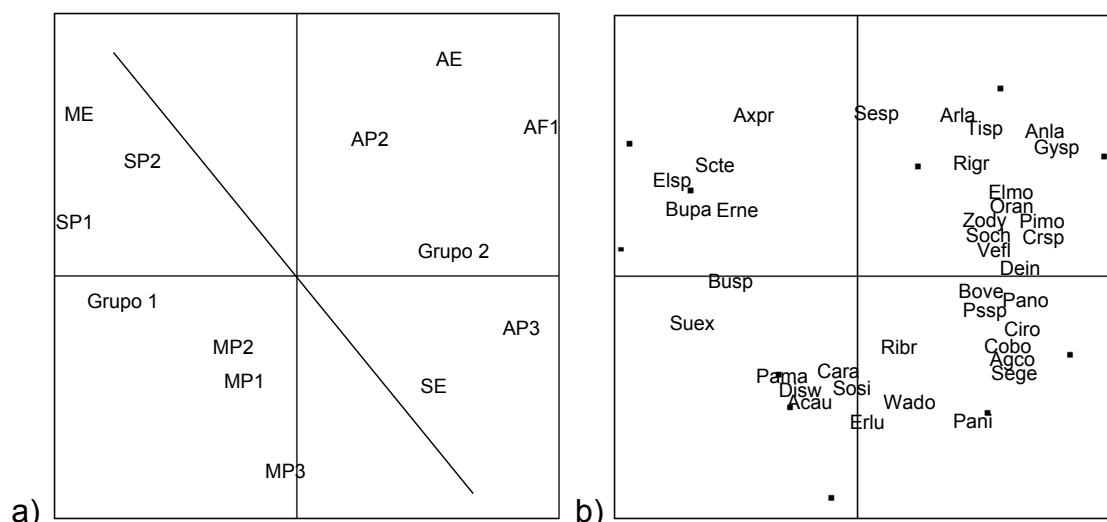


Figura 3. Diagramas de ordenação de areais descritos pela abundância-cobertura média das espécies componentes da vegetação natural do entorno. 49,9 % da variação total é representada no diagrama de ordenação, 30,3 % no eixo I e 19,6 % no eixo II. Os caracteres no diagrama “a” representam a localização das unidades amostrais (A= Alegrete, M= Manoel Viana e S= São Francisco de Assis), o manejo do pastoreio no areal (P= pastejado, E= Excluído) e os números o número do areal em cada local (1 a 3); As combinações de caracteres no diagrama “b” representam as variáveis com correlação igual ou superior a 0,50 com os eixos: Gysp= *Gymnopogon spicatus*, Anla= *Andropogon lateralis*, Crsp= *Croton* sp., Pimo= *Piptochaetium montevidense*, Elsp= *Elyonurus* sp., Bupa= *Butia paraguayensis*, Suex= Substrato exposto, Cyro= *Cyperus rotundus*, Pano= *Paspalum notatum*, Sege= *Setaria geniculata*, Elmo= *Elephantopus mollis*, Dein= *Desmodium incanum*, Erlu= *Eragrostis lugens*, Pani= *Paspalum nicorae*, Wado= *Walteria douradinha*, Disw= *Digitaria swalleniana*, Pama = *Papofurum macrospermum*, Cara= *Cardionema ramosissima*, Axpr= *Axonopus pressus*, Pssp= *Psidium* sp. + cf. *Blefarocalyx* sp., Sesp= *Senecio* sp., Ribr= *Richardia Brasiliensis*, Sosi= *Solanum sisymbriifolium*, Acau= *Acanthospermum australe*, Soch= *Solidago chilensis*, Zody= *Zornia dyphylla*, Vefl= *Vernonia flexuosa*, Oran= *Ortopapus angustifolius*, Bove= *Borreria verticilata*, Cobo= *Conyza bonariensis*, Agco= *Ageratum conyzoides*, Busp= *Bulbostilis* sp., Scte= *Schizachyrium tenerum*, Erne= *Eragrostis neesii*, Arla= *Aristida laevis*, Tisp= *Tibouchina* sp., Rigr= *Richardia grandiflora*.

Nos diagramas de ordenação pode-se observar quão próxima está a composição dos areais manejados sob pastoreio em MV e distinta a composição do areal manejado sob exclusão, notavelmente pela composição dos táxons correlacionados positivamente com o eixo I e negativamente com o eixo II além da redução no percentual de substrato exposto (Figura 3). Por outro lado pode-se observar que os areais localizados em Manoel Viana (MV) e os areais manejados sob pastoreio em São Francisco de Assis (SFA) foram os que apresentaram maiores valores de substrato exposto (Figuras 2 e 3), enquanto que os areais localizados em Alegrete apresentaram os menores valores dessa variável. O areal manejado sob exclusão em Alegrete apresentou o menor percentual de substrato exposto.

Entre os areais observados em MV as unidades amostrais excluídas do pastoreio apresentaram menor substrato exposto do que as demais unidades dos areais. Já no areal excluído em Alegrete houve um menor percentual de substrato exposto do que o observado nas unidades do areal excluído em SFA.

2.3.2. Padrões de variação da vegetação: Análise dos dados por parcela

Os dados aqui avaliados representam a composição de manchas homogêneas da vegetação do entorno de areais. A análise de agrupamento das unidades amostrais seguida de teste de nitidez de grupos não revelou existirem grupos de unidades amostrais nítidos ($P(G^0 \leq G^*) \leq 0,042$, para 2, 3 e 4 grupos) por isto não será exibido o dendrograma.

Na Figura 4, pode-se observar o diagrama de ordenação das comunidades, com interpretações da localização dos areais e manejo do pastoreio (com pastoreio e excluído do pastoreio).

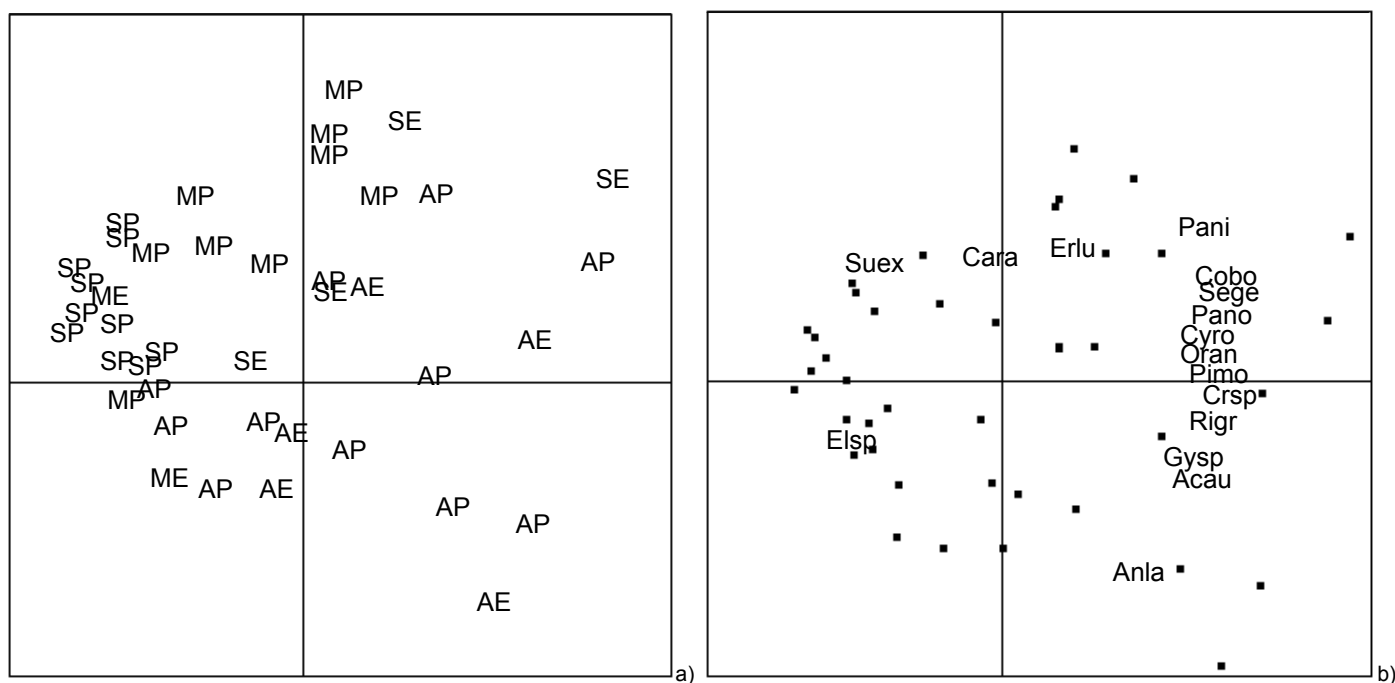


Figura 4 Diagrama de ordenação de unidades amostrais descritas pela abundância-cobertura das espécies componentes da vegetação natural do entorno de areais. 33,5 % da variação total da matriz de dados descrita pelas 71 variáveis observadas é representada no diagrama de ordenação, 20,8 % no eixo I (abscissa) e 12,7 % no eixo II de ordenação (ordenada). Os diagramas representam interpretações da mesma análise de ordenação. Os caracteres no diagrama “a” representam a localização das unidades amostrais (A= Alegrete, M= Manoel Viana e S= São Francisco de Assis), o manejo do pastoreio no areal (P= pastejado, E= Excluído); As combinações de caracteres no diagrama “b” representam as variáveis com correlação igual ou superior a 0,50 com os eixos: Elsp= *Elyonurus* sp., Suex= Substrato exposto, Crsp= *Croton* sp., Sege= *Setaria geniculata*, Cobo= *Conyza bonariensis*, Pano= *Paspalum notatum*, Pimo= *Piptochaetium montevidense*, Rigr= *Richardia grandiflora*, Oran= *Ortopapus angustifolius*, Pani= *Paspalum nicorae*, Cyro= *Cyperus rotundus*, Acau= *Acanthospermum australe*, Anla= *Andropogon lateralis*, Erlu= *Eragrostis lugens*, Cara= *Cardionema ramosissima*, Gysp= *Gymnopogon spicatus*.

O teste de estabilidade dos eixos de ordenação por auto-reamostragem gerou probabilidades $P(\rho^0 \geq \rho) = 0,87$ e $P(\rho^0 \geq \rho) = 0,172$, respectivamente, para o segundo e primeiro eixos de ordenação, indicando uma baixa confiabilidade na interpretação do diagrama. Os componentes que apresentaram correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação foram *Elyonurus* sp., *Andropogon lateralis*, substrato exposto, *Croton* sp., *Setaria geniculata*, *Conyza bonariensis*, *Paspalum notatum*, *Piptochaetium montevidense*, *Richardia grandiflora*, *Ortopapus angustifolius*, *Paspalum nicorae*, *Cyperus rotundus*, *Acanthospermum australe*, *Eragrostis lugens*, *Cardionema ramosissima* e *Gymnopogon spicatus*.

As semelhanças de estados das variáveis descritoras (táxons, por exemplo) de objetos (comunidades vegetais) resulta em objetos mais próximos no diagrama de ordenação e semelhantes na composição das comunidades estudadas.

Apenas comunidades do entorno de áreas manejadas sob pastoreio em SFA apresentaram composições muito semelhantes, determinada principalmente pela participação dos componentes *Elyonurus* sp., *Cardionema ramosissima* e os percentuais de substrato exposto. Por outro lado, a dispersão das comunidades observadas nos áreas localizados em Alegrete e de modo geral os áreas excluídos do pastoreio apresentaram um número um pouco maior de táxons com participação significativa ($\geq 0,50$ com os eixos de ordenação) nas comunidades. De comunidades do entorno de áreas localizados em Alegrete e comunidades de áreas manejadas sem pastoreio localizados em SFA, passando por comunidades de áreas localizados em

Manoel Viana até areas manejados sob pastoreio em SFA há uma ligeira tendência na redução da participação de indivíduos de espécies diferentes, aumentando o percentual de substrato exposto (Figura 4, Apêndice 1).

2.3.3. Complexidade da vegetação do entorno de areas

A uniformidade na distribuição de indivíduos entre os táxons dentro de uma comunidade aumenta quando os valores de complexidade total e entropia tendem à igualdade; no entanto, quando diminui a uniformidade de distribuição dos indivíduos e os valores de entropia são menores, a complexidade estrutural assume papel relevante (Anand & Orlóci, 1996). Como pode-se observar na Figura 5 e Apêndice 2, nas comunidades observadas no entorno dos areas a uniformidade foi maior em comunidade localizada em SFA manejada sob pastoreio e menor em comunidade localizada em Alegrete, manejada sob exclusão.

Fazendo-se uso de uma das utilidades da análise de ordenação, ordenaram-se as comunidades em função da entropia, complexidade total, complexidade estrutural e número de espécies por comunidade, para melhor visualizar a variação as comunidades (Figura 6).

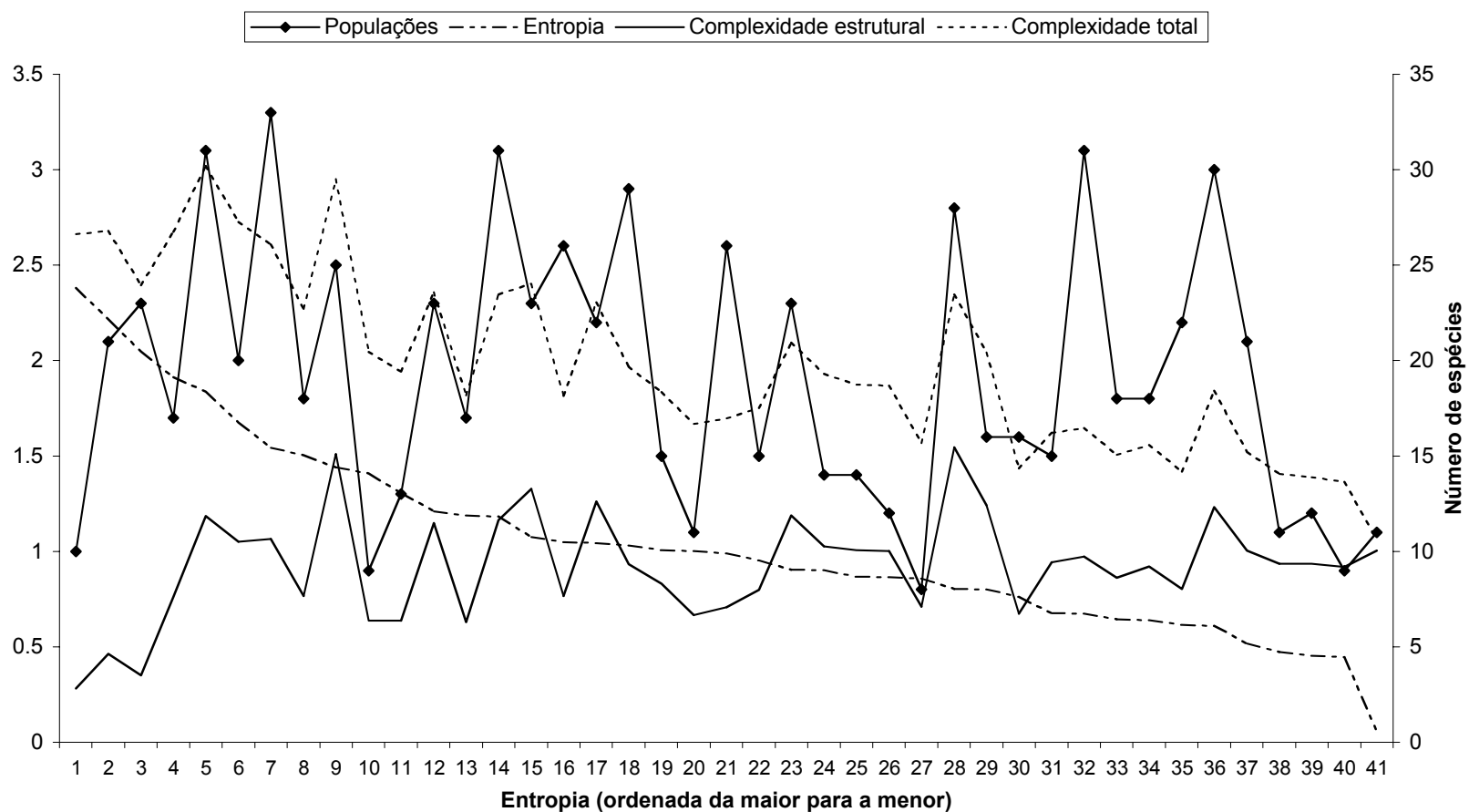


Figura 5. Complexidade total, complexidade estrutural, entropia e número de espécies por unidade amostral de comunidades do entorno de áreas localizadas em Manoel Viana (MV), São Francisco de Assis (SFA) e Alegrete (Ale), manejados sob pastoreio (Pas) e exclusão (Exc). As unidades amostrais estão ordenadas de acordo com a entropia (decrecente da esquerda para a direita). A correlação entre número de espécies e complexidade total foi de 0,44 e de 0,43 com complexidade estrutural.

Pode-se observar na Figura 6 que as comunidades 10, 21, 35 e 40 foram as que apresentaram maior uniformidade na distribuição dos indivíduos entre os táxons. Essas unidades são de areais manejados sob pastoreio nos três locais observados (Alegrete, Manoel Viana e São Francisco de Assis). Já as comunidades 1, 14, 19 e 26 apresentaram a menor uniformidade de distribuição (Figura 6). A uniformidade decresce da esquerda para a direita na Figura 5.

As comunidades de SFA manejadas sob pastoreio apresentaram valores elevados de entropia mas com baixos valores de complexidade total, estrutural e número de espécies. Já as comunidades desse local, sem pastoreio há aproximadamente quatro anos, apresentam maior complexidade estrutural e número de espécies (Figuras 5 e 6, Apêndice 2).

As comunidades 1, 2, 3 e 4 representam a vegetação do entorno de um mesmo areal parcialmente excluído do pastoreio. As comunidades 2 e 3 nos diagramas representam as comunidades pastejadas e as comunidades 1 e 4 representam duas situações encontradas no entorno da parte excluída do pastejo. Nas comunidades pastejadas, a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies foi maior do que observado nas comunidades excluídas do pastoreio. As espécies dominantes na comunidade 1 são *Axonopus pressus* e *Butia paraguayensis*, além de reduzido percentual de substrato exposto, já na comunidade 4 observou-se um elevado percentual de substrato exposto a presença efetiva de *Elyonurus* sp., entre indivíduos de outros táxons.

As comunidades manejadas sem pastoreio em Alegrete foram semelhantes quanto à complexidade aos areais de mesmo manejo em MV e as comunidades manejadas sob pastoreio em SFA. Já quanto às comunidades manejadas sob pastoreio, os valores de complexidade variaram bastante; foram observadas tanto comunidades com altos valores de complexidade quanto valores baixos desses indicadores (Figuras 5 e 6).

2.4. Discussão:

Os resultados do levantamento mostram que os areais de Manoel Viana e os areais manejados sob pastoreio de São Francisco de Assis apresentaram composição florística média semelhantes. Esses areais podem, assim, ser caracterizados principalmente pelas espécies *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus*, *Butia paraguayensis*, *Eragrostis neesii*, *Schizachyrium tenerum*, *Bulbostilis* sp. e pelo elevado percentual de substrato exposto (Figuras 1, 2 e 3, Tabela 1). Os campos de areia são regionalmente caracterizados pelo predomínio de *Elyonurus* sp. e *Butia paraguayensis*. A vegetação natural do entorno destes areais pode ser classificada como de campos de areia. Em termos práticos, isso representa uma maior susceptibilidade ao surgimento de novos focos de arenização e maior probabilidade de expansão desses areais. A presença das espécies referidas está relacionada a uma maior tolerância ao processo de arenização sendo, portanto, esta formação campestre anterior ao surgimento de extensões de areia, expressando não uma ineficiência da vegetação natural frente ao processo de arenização, como sugeriu Marchiori (1992), mas o potencial

adaptativo da vegetação natural do entorno de areais a um combinado de fatores naturais e antrópicos (pastoreio excessivo, por exemplo).

Analisando-se a complexidade das comunidades componentes dos areais observa-se que os areais localizados em Manoel Viana e São Francisco de Assis, próximos geograficamente, e duas comunidades do entorno de areal manejado sem pastoreio a 10 km da sede de Manoel Viana, são realmente semelhantes quanto à complexidade da composição das comunidades. Estas podem ser caracterizadas como comunidades onde as espécies dominantes são *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus*, eventualmente aparecendo *Butia paraguayensis* e pelo alto percentual de substrato exposto. Há portanto uma alta susceptibilidade à arenização, determinada principalmente pela adoção de manejo inadequado do pastoreio. As comunidades 1 e 4 na Figura 6, manejadas sob exclusão, representam estágios iniciais diferenciados de regeneração da cobertura vegetal. Estas, quando do levantamento, estavam excluídas do pastoreio desde há 1,5 - 2 anos, no entanto, a comunidade 1 encontra-se mais afastada do núcleo de arenização. Já a comunidade 4 encontra-se no núcleo de arenização mas que apresentava processo inicial de regeneração da cobertura vegetal.

O elevado percentual de substrato exposto, além de comunidades com predomínio de *Elyonurus* sp. no estrato superior e *Axonopus pressus* no estrato inferior, e a freqüente presença de *Eragrostis lugens*, *E. neesii* e *Cardionema ramosissima* caracterizam o entorno dos areais pastejados localizados em São Francisco de Assis e parte dos areais de Manoel Viana.

Os areais localizados em Alegrete e o areal manejado sob exclusão do pastoreio em São Francisco de Assis formam um outro grupo de areais. Estes areais podem ser destacados principalmente pela freqüência de *Andropogon lateralis* em suas comunidade e as presenças de *Aristida laevis*, *Paspalum notatum*, *Croton* sp., *Gymnopogon spicatus*, *Richardia grandiflora*, *Vernonia flexuosa*, *Elephantopus mollis*, *Ortopapus angustifolius* e a ausência de *Butia paraguayensis* (foram, porém, identificados indivíduos jovens de *Butia paraguayensis* no entorno do areal excluído, fora das comunidades avaliadas, em Alegrete). A presença de *Andropogon lateralis* como espécie abundante no entorno de areais é incomum na definição de areais e campos de areia, no entanto plenamente justificável por serem esses areais localizados muito próximos de vasta várzea do rio Ibicuí. Nesses locais, a poucos metros do entorno dos areais, pode-se identificar solos ricos em matéria orgânica, turfosos, e úmidos. As comunidades de areais manejados sem pastoreio apresentaram menor complexidade total e estrutural, chegando a apresentar comunidades com a menor uniformidade na distribuição dos indivíduos entre os táxons (unidade amostral 26).

Nos areais observados, portanto, a composição das comunidades vegetais do entorno do núcleo de arenização está associada à localização e ao tipo de manejo do pastoreio.

2.5. Conclusões

- A composição da vegetação natural do entorno dos areais avaliados demonstra adaptação ao processo de arenização e ao pastoreio excessivo;

- Areas manejados sob pastoreio com baixa oferta de forragem apresentaram uma predominância de *Axonopus pressus* e *Elyonurus* sp. tanto em Manoel Viana quanto São Francisco de Assis;
- *Andropogon lateralis* é espécie componente da vegetação natural do entorno apenas nos areas de Alegrete, independente do manejo;
- Os areas, de acordo com a composição florística média, podem ser classificados em dois grupos;
 - o Grupo 1: São Francisco de Assis (unidades manejadas sob pastoreio) e Manoel Viana, caracterizado por *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus*, *Butia paraguayensis*, *Eragrostis nees*, *Schizachyrium tenerum*, *Bulbostilis* sp. e pelo elevado percentual de substrato exposto;
 - o Grupo 2: São Francisco de Assis (unidades manejadas sob exclusão do pastoreio) e Alegrete: *Andropogon lateralis*, *Aristida laevis*, *Paspalum notatum*, *Croton* sp., *Gymnopogon spicatus*, *Richardia grandiflora*, *Vernonia flexuosa*, *Elephantopus mollis*, *Ortopapus angustifolius* e menor percentual de substrato exposto.
- Campos de areia de São Francisco de Assis e Manoel Viana caracterizam-se pelo alto percentual de substrato exposto e pela presença de *Elyonurus* sp., *Butia paraguayensis*, *Axonopus pressus*, *Eragrostis neesii*, e, *Bulbostilis* sp.;

- A complexidade estrutural e total das comunidades do entorno de áreas mostraram-se relacionada com o número de espécies na comunidade;
- A uniformidade de distribuição de indivíduos entre espécies foi maior para comunidades manejadas sob pastoreio e menor para comunidades manejadas sem pastoreio.

3. DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DA VEGETAÇÃO NATURAL DO ENTORNO DE AREAIS

“Science is concerned with a search for patterns, the discovery of processes giving rise to these patterns, and the uncovering of the mechanisms which ultimately drive such patterns and processes.” (Anand, 1997 p. 4)

3.1. Introdução:

Neste capítulo avaliamos a dinâmica espaço-temporal de comunidades vegetais campestres em gradientes a partir do núcleo de arenização até a vegetação natural do entorno de areais manejados sob pastoreio e exclusão em três diferentes localidades do Sudoeste do Rio Grande do Sul. As comunidades avaliadas foram descritas pela composição qualitativa e quantitativa da taxonomia. Os locais de estudo estão incluídos na categoria de “áreas de atenção especial” segundo o sistema de classificação do diagnóstico do Ministério do Meio Ambiente (Desert, 2002; MMA, 2002).

Areais são extensões de substrato exposto caracterizados pelo substrato arenoso e pela degradação da cobertura vegetal campestre. A arenização é determinada pela degradação conjunta da cobertura vegetal e do solo através de processos erosivos causados pela água da chuva e o transporte de areia pelo vento. A interferência antrópica age como um potencializador da expansão e do surgimento de novos focos de arenização.

Desde as incursões de viajantes como Avé-Lallemant pelo interior do Rio Grande do Sul, em 1858, identifica-se a existência de areais no Sudoeste do Estado (Avé-Lallemant, 1980). Regionalmente assim reconhecido, foi somente a partir da década de 1970 que alcançou reconhecimento nacional, mas como áreas em desertificação, graças à expansão dos cultivos de soja e trigo e com a preparação do relatório para a conferência de Nairóbi em 1977 (Suertegaray, 1995; Suertegaray 1998). Desde então os areais vêm sendo objeto de pesquisa pela comunidade científica, notavelmente os trabalhos da equipe da Dra. Dirce Maria Antunes Suertegaray, do Departamento de Geografia da UFRGS, entre outros. Devemos também destacar a obra de Ab'Saber (1995).

Várias tentativas de reversão do processo de arenização vêm sendo experimentadas, principalmente voltadas para o cultivo de espécies arbóreas como o eucalipto, pinus e o cultivo de algumas espécies forrageiras (pangola e braquiárias). O marco inicial nesse sentido foi o trabalho coordenado por Souto no “deserto do São João” em Alegrete (Souto, 1985).

A vegetação campestre no Rio Grande do Sul apresenta relevada importância ecológica e econômica para o Estado e para o Brasil. No Rio Grande do Sul 37% da área é coberta com vegetação campestre o que corresponde a aproximadamente 10.500 milhões de ha. Na pecuária gaúcha tem papel relevante, pois as áreas de pastagem cultivada são insignificantes (Boldrini, 1997). Segundo Klein (1984) os campos da campanha gaúcha, localizadas na parte Meridional do Estado, representam a maior área contínua de campo no Brasil.

A vegetação campestre do Rio Grande do Sul é caracterizada pela alta riqueza florística; foram identificadas cerca de 400 espécies de gramíneas e 150 espécies de leguminosas (Boldrini, 1997). A presença da palmeira *Butia paraguayensis* (butiá anão) nos “campos de areia” de São Francisco de Assis, Manoel Viana e Alegrete, no Sudoeste do Estado, são segundo Marchiori (2002) uma evidência da relação estreita entre fatores edáficos e as formações campestres existentes. O butiá anão e *Elyonurus* sp. (capim limão) são espécies características dos “campos de areia”, assim definidos regionalmente e consolidados na literatura regional (Leiria, 1991; Marchiori, 2002). Apresentam papel preponderante na prevenção a degradação da cobertura vegetal e estabilidade do solo prevenindo o surgimento ou a expansão de areais.

Os campos são caracterizados como a vegetação mais antiga no Estado (Klein, 1984). Dentre os indivíduos componentes da vegetação campestre dos campos de areia e da vegetação campestre como um todo encontram-se aqueles com atributos morfológicos, incompatíveis com as condições climáticas atuais, como a presença de microfilia e xilopódios (Marchiori, 1995). Provavelmente indícios de vegetação relictual de climas passados secos (Pillar & Quadros, 1997; Klein, 1984; Behling, submetido; Behling, em preparação; Behling, 1997a; Behling, 1997b; Behling, 1998). Bellanca (2002) aponta a ocorrência de período mais seco do que no presente entre 3.500 a 2.400 A. P.. Período suficiente para que depósitos arenosos inconsolidados voltassem a ser remobilizados na região. Sobre esses depósitos, fixados pela vegetação natural relictual com a umidificação do clima,

surgem, provavelmente, os atuais processos de arenização (Suertegaray, 1987).

Acreditava-se inicialmente que o surgimento dos areais estava diretamente relacionado à Formação Botucatu (Souto, 1985; Azevedo & Kaminski, 1995), no entanto Suertegaray (1987) sugere que o surgimento dos areais esteja associado à combinação de fatores como: locais em que tenham ocorrido deposições de substratos arenosos remobilizados em período seco recente, aproximadamente entre 3.500 a 2.400 A. P., segundo Bellanca (2002); zonas de contato entre esta litologia de origem deposicional recente e a Formação Botucatu; condições de relevo como encosta de morros de arenito silicificado e rampas de reduzida elevação.

Os solos onde são registrados a presença de areais são da unidade de mapeamento Cruz Alta (Latosolo Vermelho Escuro, com ocorrência de areias quartzosas, mas também de solos Podzólicos das unidades São Pedro e Santa Maria). Caracterizam-se por apresentarem baixos teores de argila e matéria orgânica oscilando entre 6 a 12% e 0,1 a 0,7%, respectivamente (Azevedo & Kaminski, 1995).

Os areais são, pois, sistemas naturais associados a uma fragilidade intrínseca de fatores locais do ecossistema campestre tendo como consequência uma maior susceptibilidade ao impacto de distúrbios antrópicos e/ou naturais. Daí o surgimento e/ou expansão estarem associados a condições locais não definidas por condições ambientais em escala mais ampla.

A caracterização dos indivíduos componentes da vegetação natural do entorno, núcleo e borda de areais é uma necessidade para o reconhecimento da diversidade e conseqüentemente das potencialidades biológicas na reversão e/ou contenção do processo de arenização. Pode-se observar, no entanto, que alterações na aparência ou fisionomia da vegetação natural do entorno de areais, o desenvolvimento de comunidades no núcleo de arenização e a resistência da vegetação natural nas bordas são evidentes à uma observação mais atenta. Isto ocorre principalmente na vegetação natural da borda limítrofe entre a vegetação do entorno e o núcleo de arenização. Tratam-se, pois, de alterações nas combinações de tipos vegetais com aparente tolerância ao processo de arenização, que ocorrem juntos em determinado espaço, caracterizando comunidades vegetais.

A repetição de combinações de tipos vegetais revela padrões de variação, podendo ser relacionados a alterações de ambiente e/ou intensidade e freqüência de distúrbios. Através da dinâmica de comunidades vegetais é possível identificar padrões e processos no espaço e no tempo. Os padrões espaciais e temporais se evidenciam quando as mudanças da composição de comunidades se repetem. As modificações nos padrões de vegetação configuram os processos de substituição de espécies (Pillar, 2000). Assim, observando-se os padrões espaciais e temporais de comunidades vegetais naturais do entorno de areais é possível identificarmos as potencialidades de tipos de comunidades naturais frente ao processo de arenização e conseqüentemente a dinâmica de ocupação vegetal do espaço sujeito à

arenização, bem como a velocidade do processo de expansão e/ou recuo do avanço da areia sobre a vegetação natural.

Comunidades vegetais, portanto, não se encontram em equilíbrio, não são estáticas. Embora ecólogos vegetais tenham sido rotulados por se preocuparem somente com descrições estáticas de comunidades de plantas, desde cedo estes já se preocupavam com funções, processos, modificações e dinâmica de vegetação também (McIntosh, 1985). Warming, em 1895, já destacava o aspecto dinâmico de comunidades vegetais, onde condições de equilíbrio são modificadas por alterações no meio físico, mudanças estimuladas por animais e a disputa entre espécies vegetais (Warming, 1977).

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a dinâmica de comunidades vegetais campestres, descritas por taxonomia filogenética em gradientes sobre a borda limítrofe entre o núcleo de arenização e a vegetação natural do entorno de areais e de comunidades desenvolvidas no núcleo de arenização.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Áreas de estudo

O Sudoeste do Rio Grande do Sul apresenta expressiva ocorrência de areais, distribuídas entre as latitudes 29° 00 S e 31° 00 S e as longitudes de 54° 30' W e 58° 45' W Gr (Suertegaray, 1995). A maior cobertura de areais, no entanto concentra-se na bacia do rio Ibicuí entre as latitudes 29° 30' e 30° e as longitudes 55° 30' e 55°, mais especificamente nos municípios de Alegrete, Manoel Viana e São Francisco de Assis (Suertegaray, 1995). Nestes locais foram selecionados cinco areais, sendo dois em Manoel Viana (29° 22' 37 S e

55° 32' 11 W), dois em São Francisco de Assis (29° 35' 27 S e 55° 18' 18 W; 29° 32' 55 S e 55° 11' 46 W) e um em Alegrete (29° 39' 25 S e 55° 24' 17 W). Somente foram considerados areais sem histórico agrícola, manejados sob pastoreio ou com a exclusão deste. Dos cinco areais dois eram manejados sob exclusão do pastoreio (Alegrete e São Francisco de Assis) e três sob pastoreio. O manejo do pastoreio nos areais foi feito de acordo com o uso habitualmente determinado pelo proprietário.

No local de estudo a vegetação campestre é predominante (Boldrini, 1997), sendo a vegetação silvática restrita aos cursos d'água e aos morros de arenito silicificados (Marchiori, 1995; Marchiori, 2002). O clima da região para Moreno (1961) é subtropical úmido do tipo Cfa na classificação de Köppen. A normal de precipitação anual para a estação mais próxima, Santa Maria, é de 1686,1 mm (Brasil, 1992)

3.2.2. Demarcação das transecções

Em um areal, considerando-se a cobertura vegetal existente, podem-se destacar três áreas distintas: um núcleo de arenização, caracterizado pela inexistência ou a rara presença de cobertura vegetal; a presença de uma vegetação campestre no entorno do núcleo de arenização e uma terceira condição caracterizada por uma zona de transição entre o núcleo e a vegetação campestre do entorno.

Observando-se estas distintas condições de cobertura vegetal foram demarcadas transecções de 10 m de comprimento, compostas de 20 quadros contíguos de 0,50 x 0,50 m, alocadas na borda e no núcleo de arenização. A posição e a orientação das transecções seguiu o princípio da amostragem

preferencial, com o objetivo de abranger maior variação ao longo da transecção. Foram demarcadas transecções no núcleo de arenização e transversais à borda limítrofe entre o núcleo e a vegetação campestre do entorno. Ao todo foram demarcadas 17 transecções, sete foram avaliadas em dois areais em Manoel Viana (4 e 3), sete em areais de São Francisco de Assis (4 no areal pastejado e 3 no areal manejado sob exclusão) e outras três transecções no areal localizado em Alegrete (Tabela 1).

Tabela 1. Número de transecções, localização, coordenadas, manejo e posição no areal de transecções submetidas a descrição da dinâmica de comunidades vegetais de areais.

Transec.	Localização	Coordenadas	Manejo	Posição no areal
1	Manoel Viana	29°22'37S 55°32'11W	Pastejado	Borda
2	“	“	“	Núcleo de arenização
3	“	“	“	Núcleo de arenização
4	“	“	“	Borda
1	“	“	“	Borda
2	“	“	“	Borda
3	“	“	“	Borda
1	São F. de Assis	29°35'27S 55°18'18W	Pastejado	Borda
2	“	“	“	Borda
3	“	“	“	Borda
4	“	“	“	Núcleo de arenização
1	São F. de Assis	29°32'55S 55°11'46W	Excluído	Borda
2	“	“	Excluído	Borda
3	“	“	Excluído	Borda
1	Alegrete	29°39'25S 55°24'17W	Excluído	Borda
2	“	“	Excluído	Borda
3	“	“	Excluído	Borda

Para a delimitação das unidades amostrais formadoras das transecções foi utilizado um par de fios de aço com revestimento plástico, onde

as posições das unidades amostrais foram marcadas. Após a conclusão de cada avaliação os fios eram removidos. A identificação das transecções era feita por quatro estacas de madeira localizadas nas extremidades das transecções (Figura 1).



Figura 1. Vista parcial de transecção de número um em areal da Fazenda Cerro do Tigre, Alegrete, 14 de Abril de 2002.

3.2.3. Descrição da vegetação:

Ao longo do período de avaliação (Agosto de 2001 a Dezembro de 2002) as comunidades foram avaliadas três vezes quanto à sua composição florística, por estimativa visual de abundância-cobertura dos táxons presentes usando a escala de Braun-Blanquet (1979). Nos dias 22 de Agosto de 2001, 16 de Julho de 2002 e 30 de Outubro de 2002 no areal pastejado de São

Francisco de Assis. Nos dois areais avaliados em Manoel Viana, o primeiro levantamento foi feito em 23 de Agosto (transecções 1, 2 e 3) e 6 de Outubro (transecções 4, 5 e 6); o segundo levantamento 20 de Maio (transecções 1, 2, 3, e 4) e 11 de junho de 2002 (transecções 5 e 6); o terceiro levantamento em 2 de Dezembro de 2002. Os inventários de comunidades do areal sob exclusão em São Francisco de Assis foram em 24 de Agosto de 2001, 11 de Junho de 2002 e 30 de Novembro de 2002 e 4 de Outubro de 2001, 15 de Abril e 28 de Outubro de 2002 nas comunidades do entorno do areal localizado em Alegrete.

3.2.4. Análise dos dados:

Os dados das transecções de cada areal foram submetidos a análise multivariada de ordenação por coordenadas principais, com o objetivo de identificar processos espaciais e temporais de substituição de espécies vegetais da borda limítrofe entre núcleo de arenização e vegetação do entorno de areais. A medida de semelhança utilizada foi a distância de corda. As comunidades foram também avaliadas usando medidas de entropia e complexidade, conforme métodos indicados no Capítulo 2. Para as análises foram utilizados os softwares MULTIV (Pillar, 2001) e SYNCOSA (Pillar, 2002).

3.3. Resultados :

Para avaliar a dinâmica da vegetação da borda de areais foram feitas análises de ordenação das comunidades em cada um dos areais. Somente os areais localizados em Manoel Viana foram analisados conjuntamente, por estarem em áreas adjacentes na paisagem. Os diagramas representam a trajetória espacial das comunidades em cada uma das transecções, as colunas de figuras representam os estados das transecções nos

três levantamentos, respectivamente, e as linhas de diagramas representam as transecções em cada areal.

3.3.1. Processo de arenização em areais pastejados em Manoel Viana

A vegetação natural do entorno dos areais caracteriza-se pela presença de dois estratos bem distintos na estrutura da vegetação. No estrato superior a espécie predominante é o *Elyonurus* sp. e no estrato inferior *Axonopus pressus*. O manejo do pastoreio é historicamente reconhecido como superpastoreio. Um dos areais tem uma área de núcleo de arenização sem cobertura vegetal de aproximadamente 66 ha. O segundo não teve sua área medida, mas é aparentemente um pouco menor.

Para que haja erosão eólica e formação de areais é necessário que exista vento e uma fonte inicial de substrato que pode ser transportado (Ab'Saber, 1995). A extensão do núcleo de arenização faz com que haja uma vasta fonte de substrato arenítico que pode ser transportado, fazendo com que este fator ambiental seja determinante da expansão deste areal. Através do monitoramento da vegetação natural em comunidades na borda limítrofe entre núcleo de arenização e a vegetação do entorno é discutido o processo de substituição de espécies ou o aumento de substrato exposto.

Nas Figuras 2 e 3 os diagramas representam trajetórias no espaço, dos três levantamentos realizados.

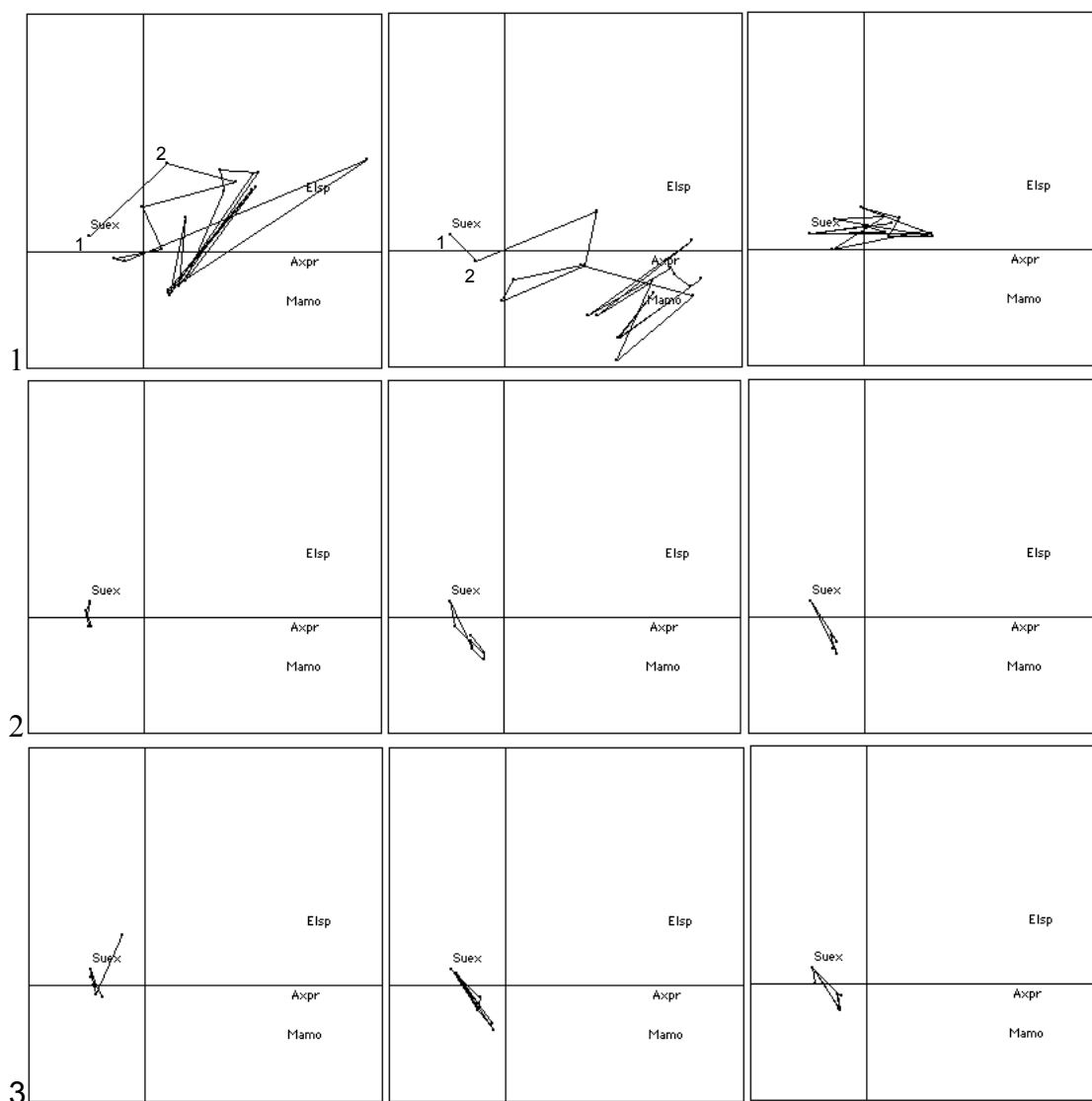


Figura 2. Diagramas de dispersão obtidos a partir da mesma análise de ordenação das transecções avaliadas em dois areais em Manoel Viana, RS, descritas pela composição florística. Da variação total 40,8 % é representada nos diagramas, sendo 27,4 % no eixo I e 13,4% no eixo II. As siglas alfanuméricas representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Axpr= *Axonopus pressus* e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a conexão dos pontos indica a trajetória espacial na transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas (1 a 3) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação da dinâmica das trajetórias espaciais nos três períodos de avaliação (1 a 3).

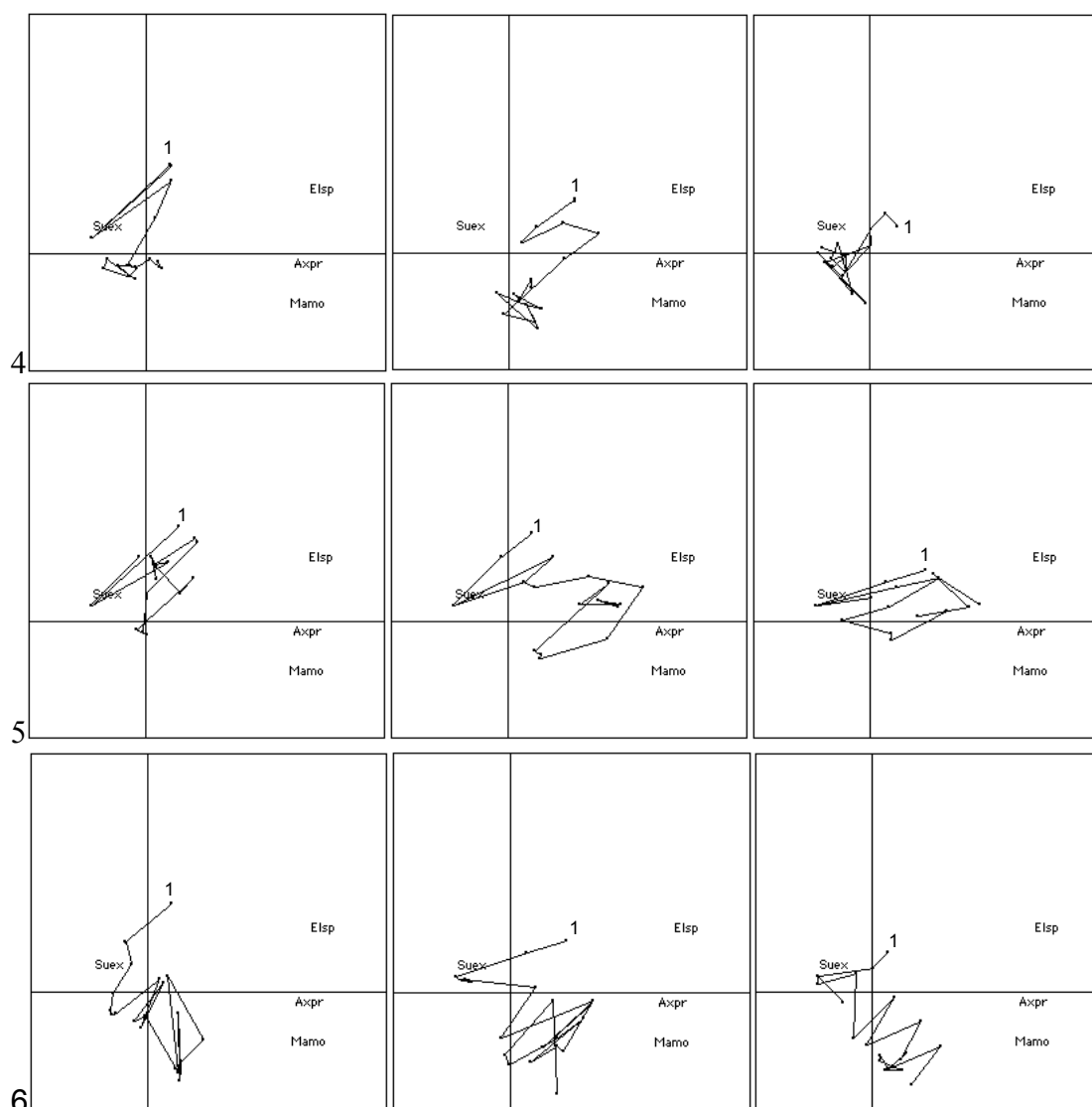


Figura 3. Diagramas de dispersão obtidos a partir da mesma análise de ordenação das transecções avaliadas em dois areais em Manoel Viana, RS, descritas pela composição florística. Da variação total 40,8 % é representada nos diagramas, sendo 27,4 % no eixo I e 13,4% no eixo II. As siglas alfanuméricas representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Axpr= *Axonopus pressus* e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a conexão dos pontos indica a trajetória espacial na transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas (4 a 6) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação da dinâmica das trajetórias espaciais nos três períodos de avaliação (1 a 3).

Dos componentes observados *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus*, material morto e substrato exposto foram os que apresentaram correlação

superior a 0,50 com pelo menos um dos dois eixos principais de ordenação (Figuras 2 e 3). Nas comunidades das transecções localizadas no núcleo de areanização, as quais não apresentaram aquelas espécies, foi observado *Paspalum notatum*, nas comunidades da transecção 1, e *Paspalum notatum* e *Vernonia nudiflora* na transecção 2.

De acordo com o padrão de distribuição das comunidades pode-se observar, dentro de cada um dos três levantamentos dois grupos de transecções. As transecções observadas na borda dos areais (1, 4, 5 e 6) e as duas transecções observadas no núcleo de arenização (2 e 3). Entre os dois primeiros levantamentos, principalmente nas transecções 1, 4 e 5, houve um aumento da cobertura de *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus* e principalmente material morto, seguido de uma redução no percentual de substrato exposto. Nas comunidades de núcleo de arenização houve, aparentemente, um ligeiro aumento da cobertura das espécies que compõem estas comunidades.

O intervalo entre o primeiro e o segundo levantamento foi de aproximadamente nove meses. De modo geral pode-se dizer que neste intervalo não houve avanço do areal sobre as comunidades da borda. Esta resposta está provavelmente relacionada ao diferimento de aproximadamente 40 dias feito neste período (entre Março e Abril de 2002) antes da segunda avaliação. A exceção é o observado na transecção 1 que apresentou neste período o avanço de aproximadamente 0,5 m, identificado pelo aumento do percentual de substrato exposto e redução na cobertura de *Elyonurus* sp. e *Axonopus pressus* na comunidade 2 no diagrama da Figura 2.

Pode-se observar nos diagramas que entre o segundo e o terceiro levantamento, o intervalo de tempo foi de seis meses e pode-se dizer que o areal avançou de forma significativa nas transecções de borda 1, 4 e 5, enquanto que as comunidades de núcleo de arenização aparentemente mantiveram-se com os mesmos percentuais de cobertura das espécies componentes (Figura 2 e 3). Neste período, a pressão de pastejo foi visivelmente alta, no dia da terceira avaliação foram observados 98 bovinos fêmeas de dois anos com aproximadamente 320 kg cada, mais três cavalos (350 kg cada). A área de pastejo era composta de aproximadamente 70 ha de várzea mais 7 ha de vegetação natural do entorno dos areais. O núcleo de arenização era de 67 ha.

Na Figura 4, pode-se observar as distâncias das comunidades entre os três levantamentos realizados.

As transecções de núcleo de arenização foram as que menos se alteraram desde o início das avaliações, enquanto que as transecções de borda foram as que mais se alteraram (1, 4, 5 e 6). Nestas, as alterações mais significativas foram nas comunidades mais distantes da borda do areal, mostrando o avanço da borda do areal (Figura 4).

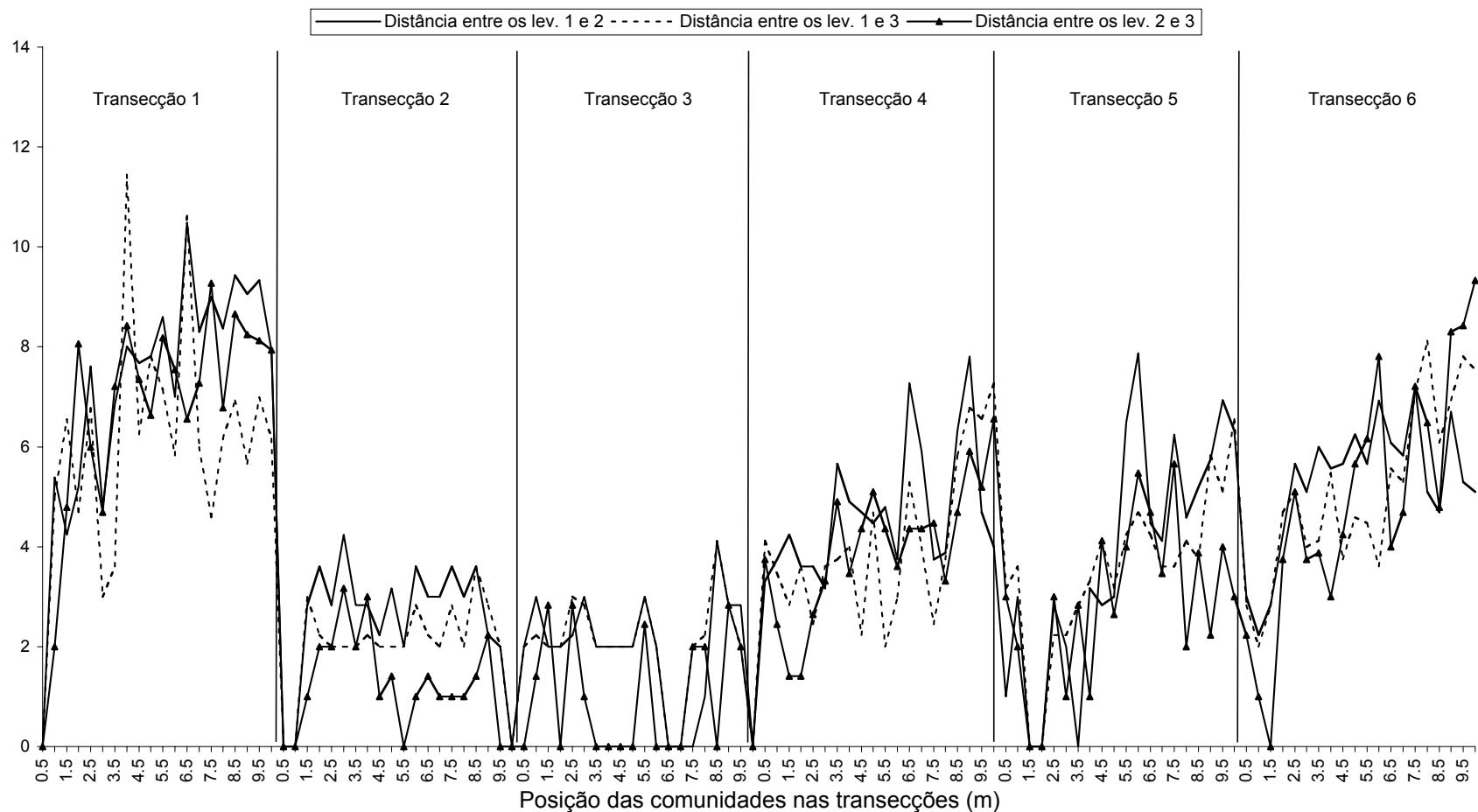


Figura 4. Magnitude da modificação da composição taxonômica de comunidades do entorno de areal manejado sob exclusão do pastoreio em Manoel Viana. A modificação da composição é medida por distância euclidiana entre levantamentos subsequentes. No eixo horizontal são indicadas as unidades amostrais arranjadas ordenadas pela posição na transecção.

Nas Figuras 5 e 6 os diagramas de ordenação apresentam uma descrição da entropia na base 12 (bits), complexidade total e complexidade estrutural das comunidades de borda e núcleo de arenização.

Segundo Anand & Orlóci (1996) a uniformidade de distribuição dos indivíduos de uma comunidade é máxima quando entropia e complexidade estrutural são iguais. A medida que complexidade total e entropia se afastam, complexidade estrutural passa a ser mais relevante por conter mais informação. Analisando-se os diagramas das Figuras 5 e 6 pode-se observar que as comunidades componentes da transecção 1 ao afastarem-se da borda do areal (reduzindo o percentual de substrato exposto) há um gradual aumento da complexidade da comunidade. A trajetória no tempo expressou um considerável aumento da complexidade das comunidades com vegetação entre os levantamentos 1 e 2, seguido de uma drástica queda na terceira avaliação, indicando um avanço do areal sobre essa transecção. O mesmo pode ser observado nas transecções 4, 5 e 6. As comunidades da extremidade contrária ao areal mantiveram-se inalteradas. As comunidades do núcleo de arenização (2 e 3) mantiveram-se praticamente inalteradas nos três levantamentos (Figura 6).

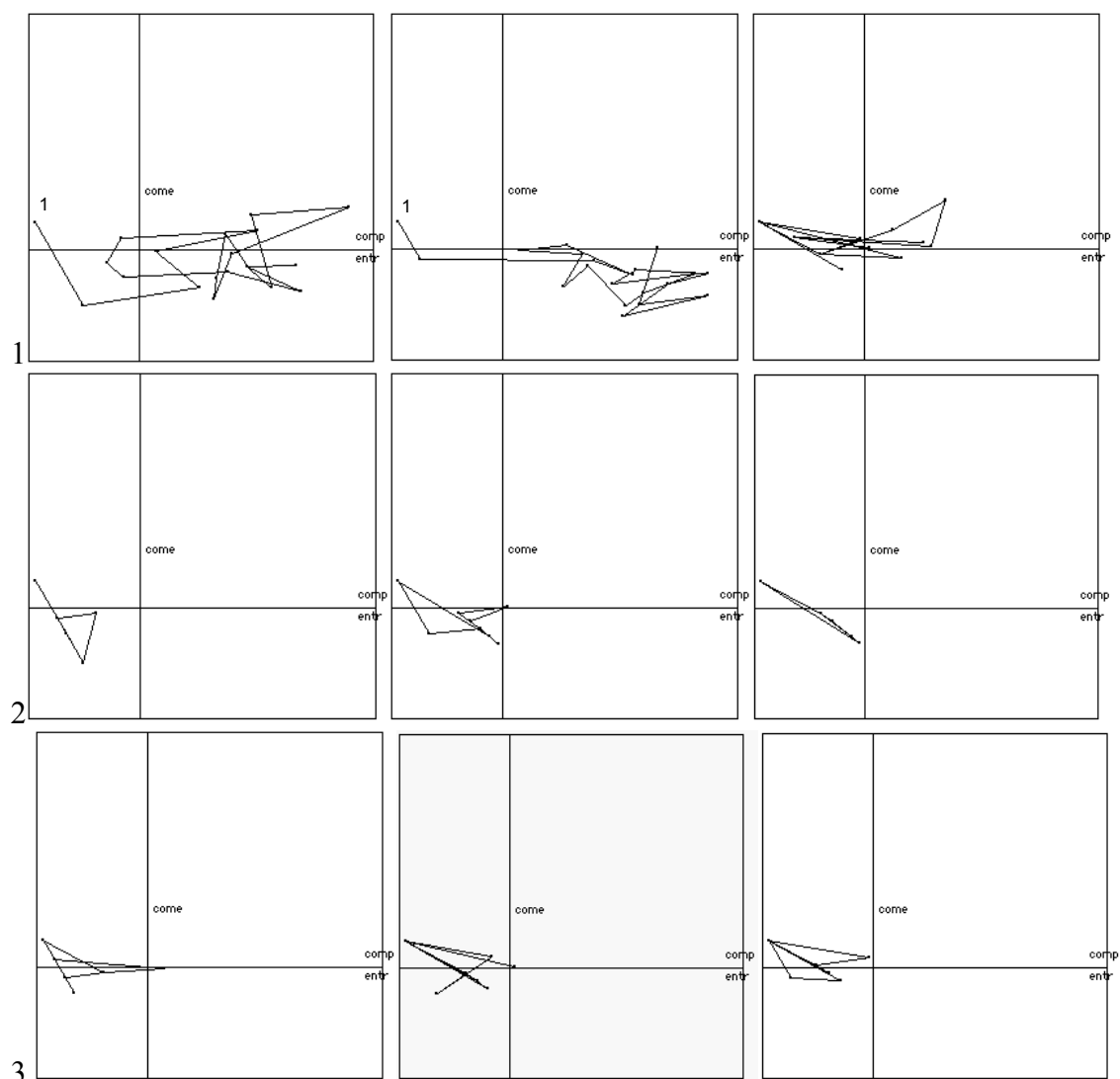


Figura 5. Diagramas de dispersão obtidos a partir da mesma análise de ordenação das transecções avaliadas em dois areais em Manoel Viana, RS, descritas por três variáveis: entropia ($\alpha = 12$) (entr), complexidade total (comp) e complexidade estrutural (come). A trajetória descrita pela conexão dos pontos representa a ordem das comunidades no espaço da transecção. O número 1 nos diagramas representa o início da transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação da dinâmica das trajetórias espaciais nos três períodos de avaliação (1 a 3). Exterior aos diagrama os números nas linhas (1 a 3) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.

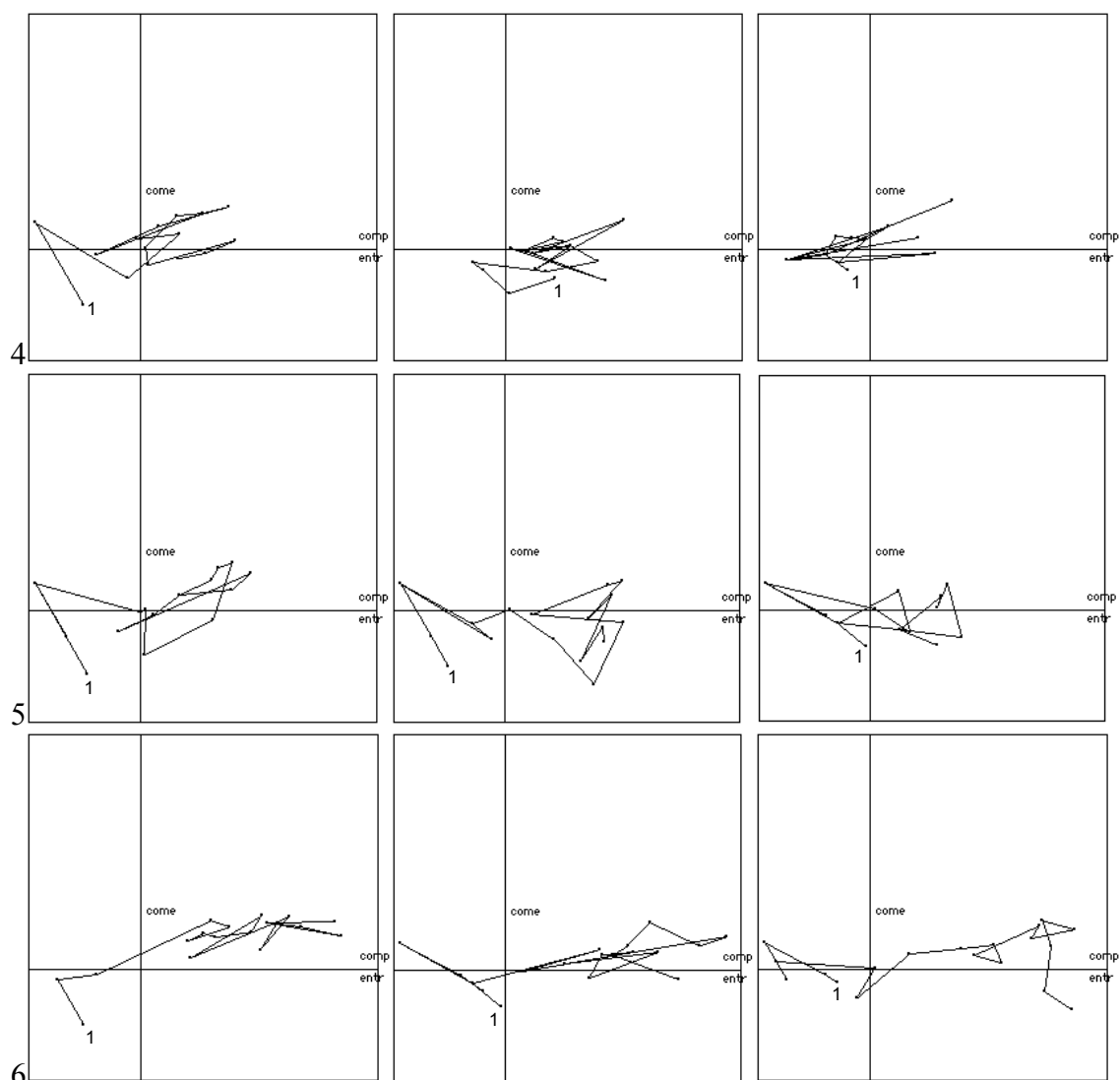


Figura 6. Diagramas de dispersão obtidos a partir da mesma análise de ordenação das transecções avaliadas em dois areais em Manoel Viana, RS, descritas por três variáveis: entropia ($\alpha = 12$) (entr), complexidade total (comp) e complexidade estrutural (come). A trajetória descrita pela conexão dos pontos representa a ordem das comunidades no espaço da transecção. O número 1 nos diagramas representa o início da transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação da dinâmica das trajetórias espaciais nos três períodos de avaliação (1 a 3). Exterior aos diagrama os números nas linhas indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.

3.3.2. Processo de arenização em areal pastejado em São Francisco de Assis

A vegetação natural do entorno do areal caracteriza-se por comunidades compostas por *Elyonurus* sp., no estrato superior da pastagem e *Axonopus pressus* no estrato inferior. O pastoreio é intenso no estrato inferior.

Nas Figuras 7 e 8 pode-se observar a dinâmica espacial e temporal de comunidades do entorno do areal. As principais espécies componentes da vegetação natural da borda do areal foram *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus* e os componentes material morto e substrato exposto. Nas comunidades localizadas na transecção do núcleo de arenização não foram observados *Axonopus pressus* nem *Elyonurus* sp.

De acordo com o padrão de distribuição das comunidades pode-se observar nos diagramas das Figuras 7 e 8, que as transecções de borda do areal (1, 2 e 3) e a transecção localizada no núcleo de arenização (transecção 4) apresentaram composições e trajetórias diferenciadas. Na transecção localizada no núcleo de arenização *Paspalum notatum* é a espécie mais freqüente. Esta espécie somente ocorreu nas comunidades do núcleo de arenização.

Inicialmente, no primeiro levantamento (Agosto de 2001), o processo espacial caracterizava um aparente gradiente de substrato exposto, notavelmente as transecções 1 e 3. No segundo levantamento (Julho de 2002) a composição de todas as comunidades observadas alterou-se significativamente em relação ao primeiro levantamento (Figuras 7 e 8). Este

fato está provavelmente relacionado a longo período de seca ocorrido neste intervalo de tempo e o aumento da intensidade de pastoreio observada.

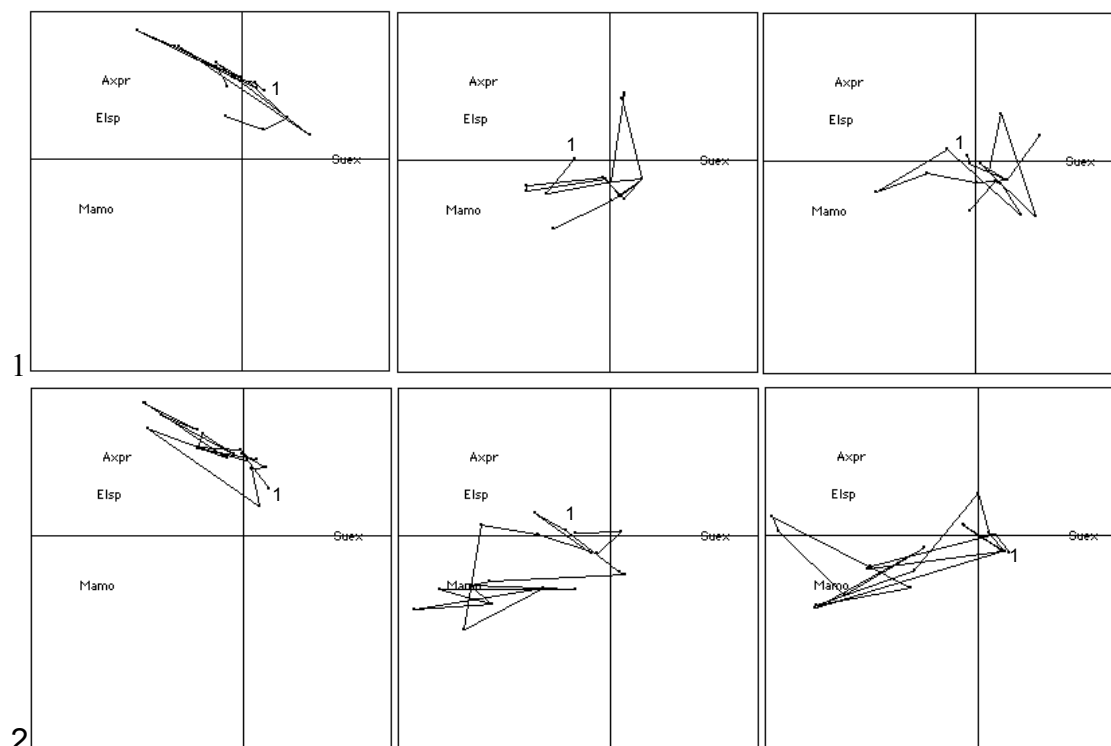


Figura 7. Diagramas de mesma ordenação. Da variação total 61,3 % é representada nos diagramas, sendo 45,4 % no eixo I e 15,9% no eixo II. As combinações de caracteres representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Axpr= *Axonopus pressus* e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a união dos pontos indica a transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas (1 e 2) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.

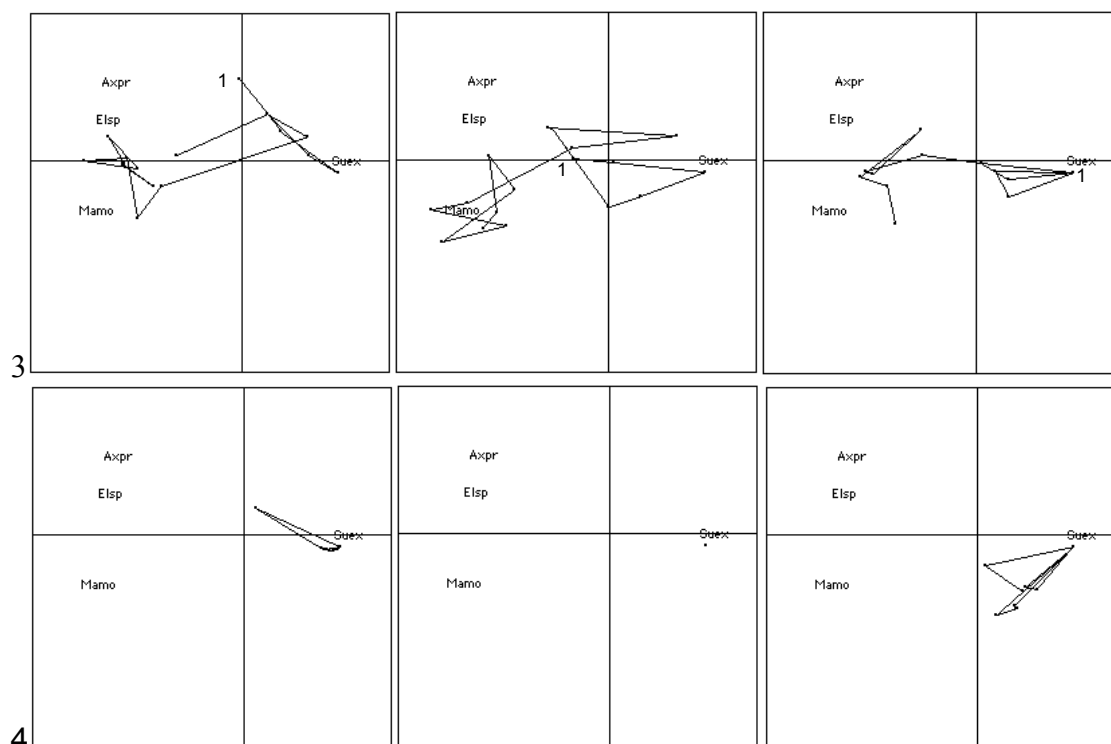


Figura 8. Diagramas de mesma ordenação. Da variação total 61,3 % é representada nos diagramas, sendo 45,4 % no eixo I e 15,9% no eixo II. As combinações de caracteres representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Axpr= *Axonopus pressus* e Mammo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a união dos pontos indica a transecção. Exterior aos diagramas os números nas linhas (3 e 4) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.

Ao longo do período de estudo observou-se que normalmente os animais rejeitavam a vegetação natural do entorno deste areal, no entanto, com a seca o pastoreio se intensificou de forma significativa principalmente nas transecções 1 e 2, no entorno do areal. Houve também um aumento do percentual de material morto principalmente nas transecções 1, 2 e 3.

As comunidades do núcleo de arenização tiveram um aparente aumento no percentual de substrato exposto no período entre os dois primeiros

levantamentos, mas um aumento no percentual de material morto no terceiro levantamento.

Nas comunidades de borda, nos dois levantamentos seguintes ao primeiro, pode-se observar um gradual aumento do percentual de substrato exposto, redução da cobertura dos componentes *Axonopus pressus* e *Elyonurus* sp. e aumento do percentual de material morto e substrato exposto.

Na Figura 9 pode-se observar a distâncias das comunidades entre os três levantamentos realizados. Pode-se observar que alterações na composição foram maiores nas transecções da borda do areal e nestas nas comunidades mais distantes da borda e as comunidades que apresentavam-se com 100% de substrato exposto assim permaneceram.

Nas Figuras 10 e 11 os diagramas de ordenação das comunidades em função da entropia base 12 (bits), complexidade total e complexidade estrutural descrevem a estrutura da vegetação das comunidades de borda e entorno de areais.

As comunidades localizadas nas transecções 1 e 2 são contíguas, e a transecção segue o gradiente de arenização. O início da transecção esta na borda do processo de arenização enquanto que a extremidade final da transecção 2 encontra-se a 20 m da borda. Pode-se observar, de uma forma geral, que a complexidade é maior na transecção 2, aumentando nas comunidades vegetadas e mantendo-se inalterada nas comunidades com 100% de substrato exposto. Já nas comunidades vegetadas da transecção 4 percebeu-se um aumento da complexidade no terceiro levantamento. Pode-se observar que as comunidades mais próximas da borda do areal apresentam-se

com menor complexidade do que as comunidades mais distantes, assim, a medida que o processo de arenização avança sobre a vegetação da borda observa-se uma redução das medidas de complexidade total, entropia na base 12 (bits) e complexidade estrutural (transecção 4, Figura 11).

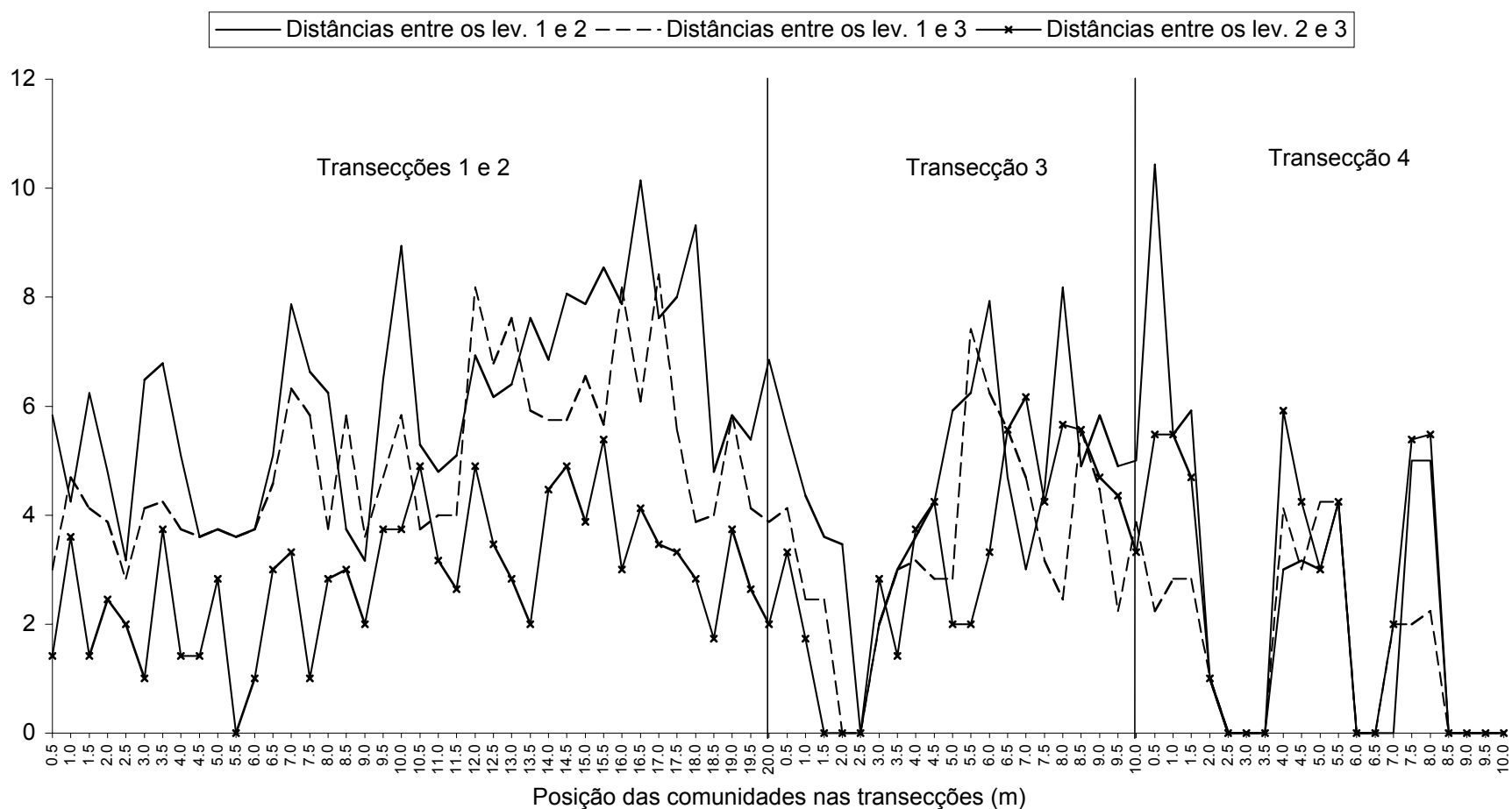


Figura 9. Magnitude da modificação da composição taxonômica de comunidades do entorno de areal manejado sob pastoreio em São Francisco de Assis. A modificação da composição é medida por distância euclidiana entre levantamentos subsequentes. No eixo horizontal são indicadas as unidades amostrais arranjadas ordenadas pela posição na transecção.

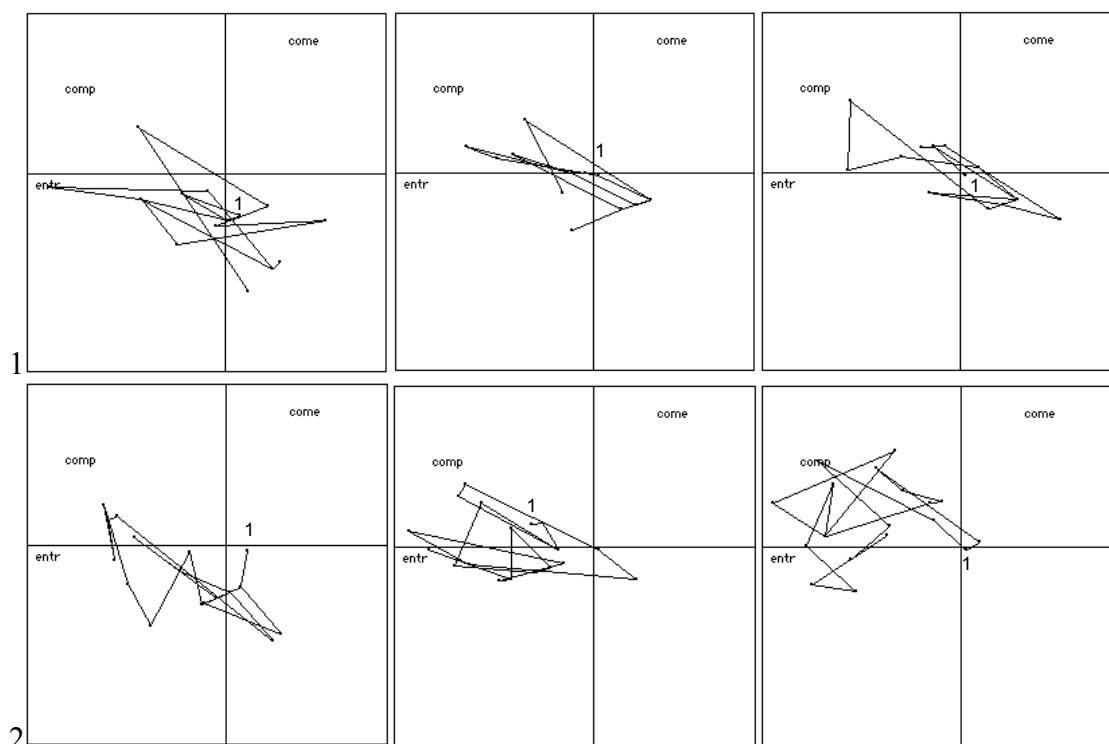


Figura 10. Diagramas de ordenação das comunidades amostrais em função das variáveis entropia na base 12 (bits) (entr), complexidade total (comp) e complexidade estrutural (come). A trajetória descrita pela conexão dos pontos representam a ordem das comunidades no espaço da transecção. O número 1 nos diagramas representa o início da transecção. Exterior aos diagrama os números nas linhas (1 e 2) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.

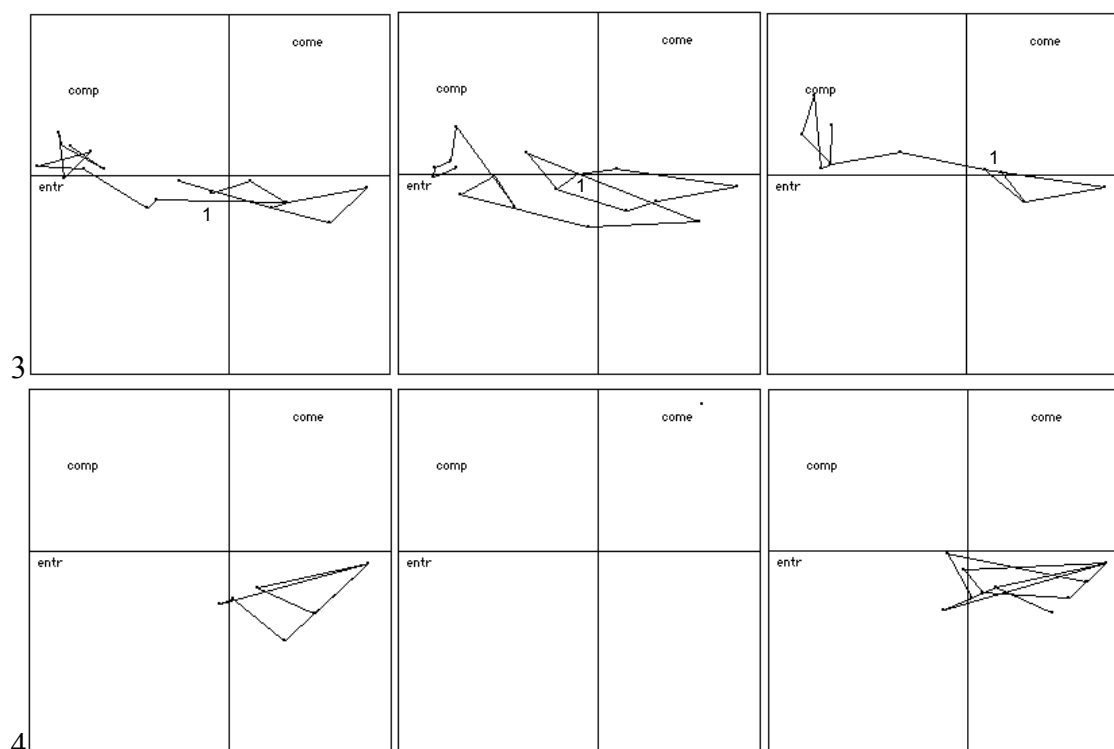


Figura 11. Diagramas de ordenação das comunidades amostrais em função das variáveis entropia na base 12 (bits) (entr), complexidade total (comp) e complexidade estrutural (come). A trajetória descrita pela conexão dos pontos representam a ordem das comunidades no espaço da transecção. O número 1 nos diagramas representa o início da transecção. Exterior aos diagrama os números nas linhas (3 e 4) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.

3.3.3. Processo de arenização em areal excluído do pastoreio em São Francisco de Assis

Este areal no início das avaliações (Agosto de 2001) tinha aproximadamente 5 anos de exclusão do pastoreio. A área excluída é de aproximadamente quatro hectares, sendo a área de entorno manejada sob cultivos anuais, principalmente o soja.

O processo de arenização é determinado pela erosão eólica e hídrica. Devido à posição do areal na paisagem o principal fator determinante

da arenização é a erosão hídrica. Objetiva-se com esta análise identificar o processo de arenização sem a interferência do pastoreio.

Na Figura 12 apresenta-se os diagramas de ordenação das unidades amostrais de três transecções observadas em bordas de contato entre o processo de arenização e a vegetação natural sem a presença de bovinos.

As transecções foram alocadas em duas posições no terreno, as transecções 1 e 2 em zona de deposição de substrato transportado por erosão hídrica, enquanto que a transecção 3 na parte mais alta do terreno. O padrão de agrupamento das comunidades no diagrama demonstra uma composição diferenciada das comunidades da transecção 3.

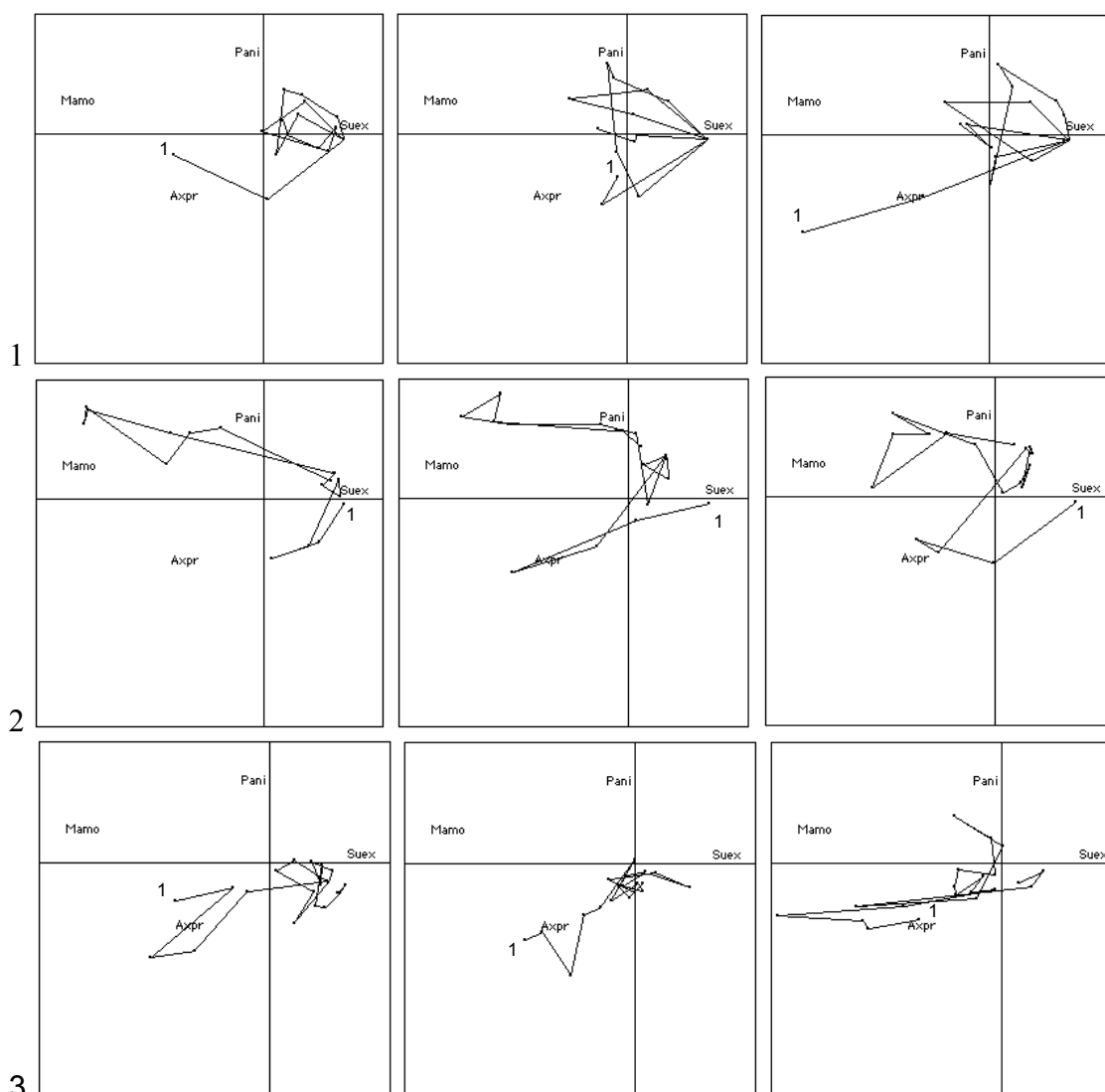


Figura 12. Diagramas de mesma ordenação. Da variação total 44,3 % é representada nos diagramas, sendo 31,8 % no eixo I e 12,5% no eixo II. As combinações de caracteres representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 (Suex= substrato exposto, Pani= *Paspalum nicorae*, Axpr= *Axonopus pressus* e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a união dos pontos indica a transecção. Exterior aos diagramas, os números nas linhas indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.

Pode-se observar na Figura 12 a tendência de redução do percentual de substrato exposto e aumento da contribuição dos componentes *Axonopus pressus*, *Paspalum nicorae* e material morto, principalmente nas

transecções 1 e 2. A transecção 2 representa bem a redução do percentual de substrato exposto ao longo de toda a transecção. Na extremidade próxima ao canal de deposição de sedimentos (início da transecção) o táxon predominante é o *Axonopus pressus* aumentando a contribuição dos componentes *Paspalum notatum* e *Paspalum nicorae*. Nas comunidades da transecção 1, também pode-se identificar o crescente incremento na contribuição de *Axonopus pressus* e *Elyonurus* sp., reduzindo o percentual de substrato exposto (Figura 12).

As comunidades da transecção 3 não susceptível ao soterramento por estarem localizadas em local de desgaste por erosão hídrica também tiveram uma ligeira redução de substrato exposto e aumento da cobertura de material morto e *Axonopus pressus*.

Pode-se observar na Figura 13 que as transecções localizadas em zona de deposição de substrato arenítico apresentaram menor variação na composição de espécies e dos componentes material morto e substrato exposto do que a transecção localizada na parte mais alta da coxilha. Das transecções 1 e 2 as comunidades da metade final transecção 2 foram as que mais tiveram alteradas a composição de espécies.

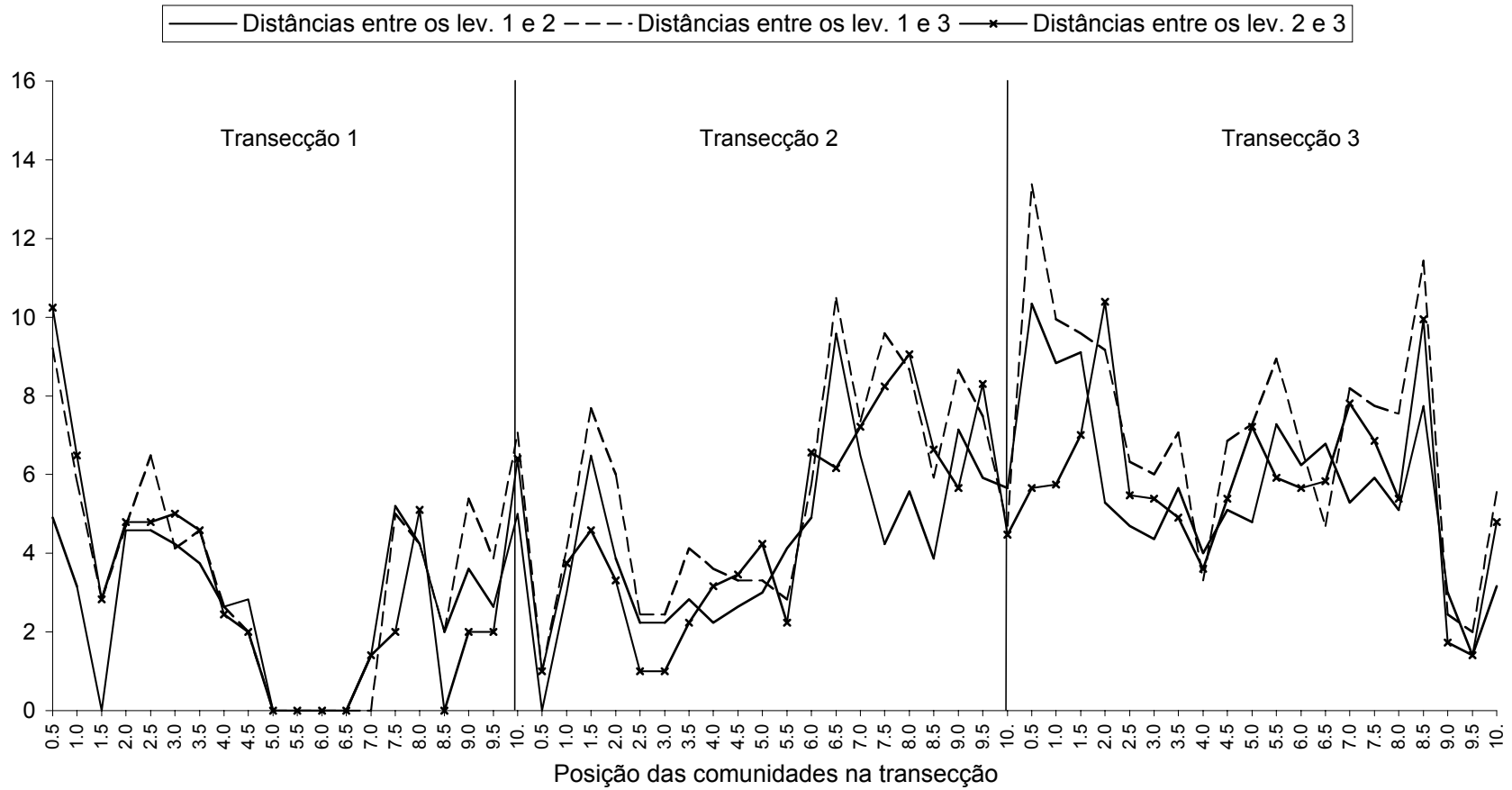


Figura 13. Magnitude da modificação da composição taxonômica de comunidades do entorno de areal manejado sob exclusão do pastoreio em São Francisco de Assis. A modificação da composição é medida por distância euclidiana entre levantamentos subseqüentes. No eixo horizontal são indicadas as unidades amostrais arranjadas ordenadas pela posição na transecção.

3.3.4. Processo de arenização em areal manejado sob exclusão do pastoreio em Alegrete

No início das avaliações (Outubro de 2001) este areal estava a aproximadamente cinco anos sem manejo com pastoreio. A vegetação natural do entorno é caracterizada pela constante presença de *Andropogon lateralis*, *Aristida laevis*, *Axonopus pressus*, *Rynchelitrum repens*, *Paspalum stellatum* e pode-se observar o surgimento de plantas de *Butia paraguayensis*.

O desenvolvimento de vegetação natural no entorno do areal revegetando áreas de substrato exposto é visível, no entanto, a dinâmica de areais a partir do processo de substituição de espécies não é conhecido.

Os dados aqui discutidos tentam representar de alguma forma o processo de substituição de espécies frente ao transporte de substrato arenítico de origem hídrica (transecções 1 e 2) e eólica (transecção 3). A transecção 1 foi localizada na parte mais alta da rampa e a transecção 2 na parte mais baixa. Foram conduzidos três levantamentos da cobertura dos componentes florísticos. Os levantamentos foram realizados nos dias 4 de Outubro de 2001, 15 de Abril de 2002 e em 28 de Outubro de 2002.

Nos diagramas da Figura 14 pode-se observar a dinâmica espacial e temporal das comunidades vegetais de bordas entre o núcleo de arenização e a vegetação natural do entorno.

Ao longo de todo o período de avaliação (1 ano) não se observaram alterações evidentes nas trajetórias espacial (Figura 14) e temporal (Figura 15) da transecção 3, a cobertura vegetal se manteve como observada inicialmente.

Já nas outras duas transecções houve laterações na proporção entre os componentes

No mesmo areal pode-se observar na Figura 14 que determinadas condições edáficas e de distúrbio, como susceptibilidade ao soterramento por transporte eólico ou hídrico condicionam a formação vegetal, conforme Porto (2002) e Marchiori (2002). As transecções localizadas em rampa, no canal de transporte de sedimentos de origem hídrica (transecções 1 e 2 na Figura 14) apresentaram composição diferenciada da transecção localizada em borda susceptível ao soterramento por sedimentos de transporte eólico (transecção 3).

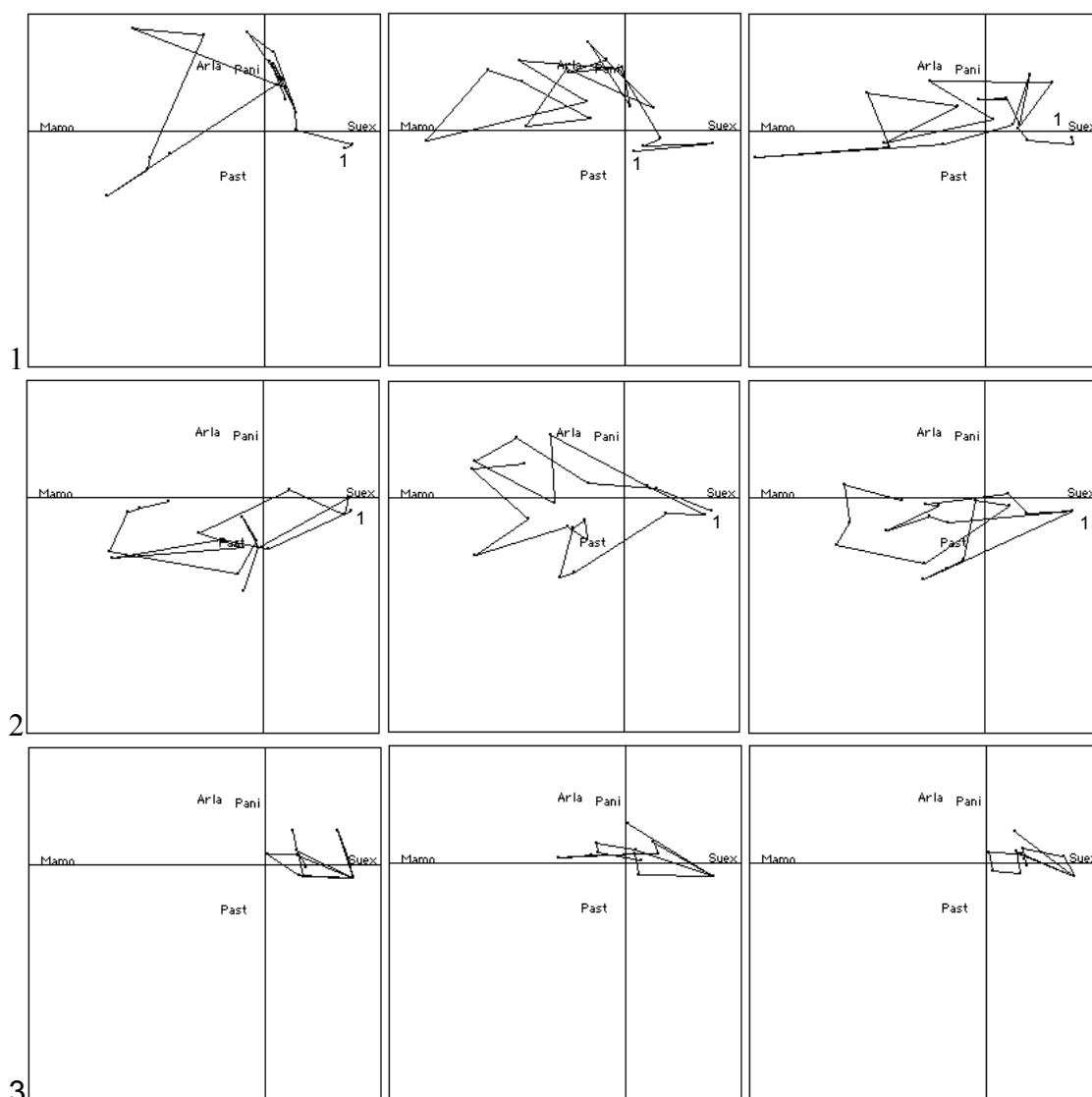


Figura 14. Diagramas de mesma ordenação. Da variação total 47,02 % é representada nos diagramas, sendo 38,1 % no eixo I e 8,92% no eixo II. As combinações de caracteres representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 (Suex= substrato exposto, Pani= *Paspalum nicorae*, Arla= *Aristida laevis*, Passt= *Paspalum stellatum* e Mamo= material morto), o número 1 indica o início da transecção e a união dos pontos indica a transecção. Exterior aos diagramas, os números nas linhas (1 a 3) indicam a transecção que está sendo representada, enquanto que nas colunas de diagramas temos a representação das trajetórias no tempo dos levantamentos, respectivamente de 1 a 3.

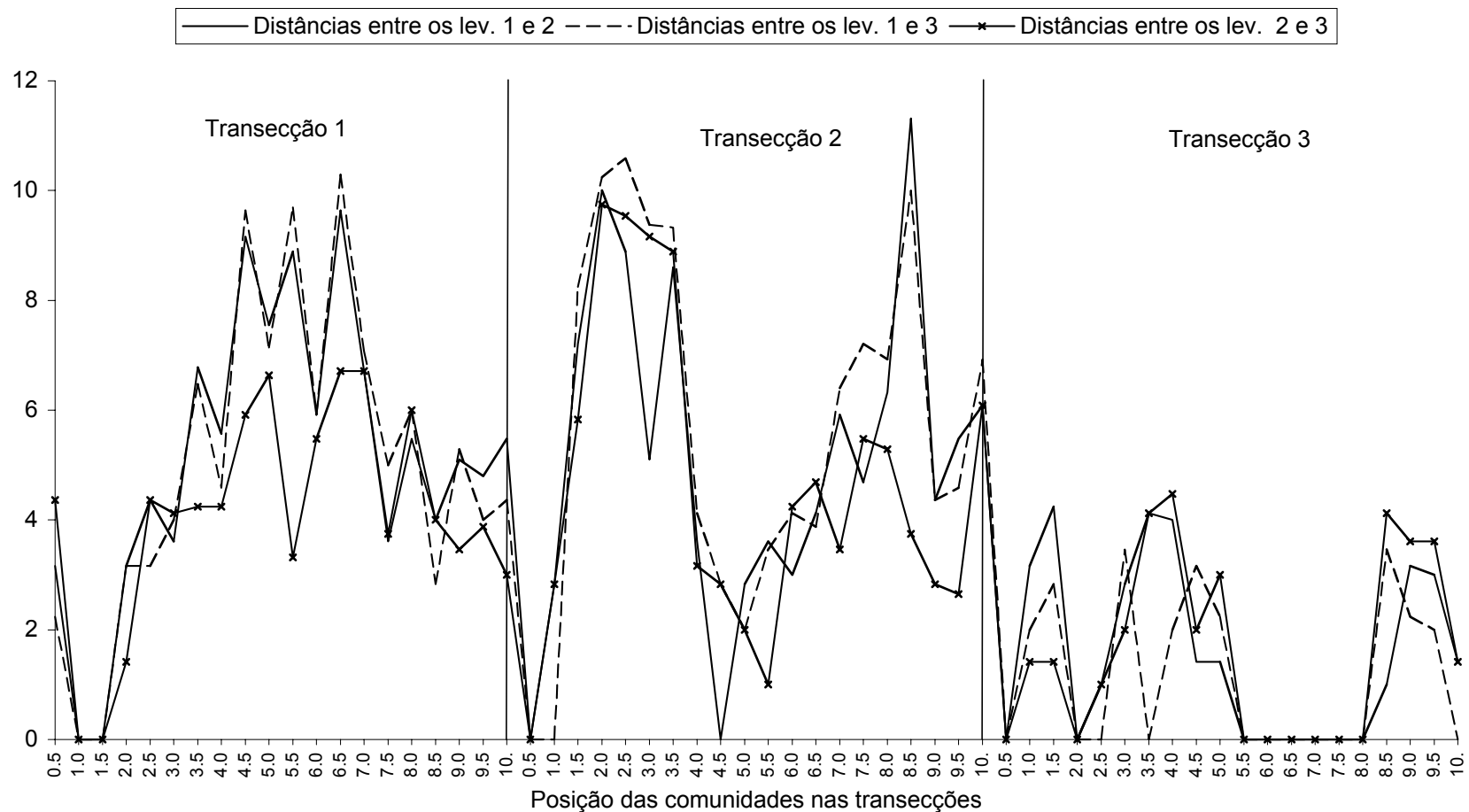


Figura 15. Magnitude da modificação da composição taxonômica de comunidades do entorno de areal manejado sob exclusão do pastoreio em Alegrete. A modificação da composição é medida por distância euclidiana entre levantamentos subsequentes. No eixo horizontal são indicadas as unidades amostrais arranjadas ordenadas pela posição na transecção.

3.4. Discussão

Neste artigo é discutida a dinâmica de comunidades da borda de areais e núcleo de arenização de areais manejados sob pastoreio e exclusão.

Os campos de areia do Sudoeste do Rio Grande do Sul são regionalmente caracterizados pela presença de duas espécies, *Butia paraguayensis* (Marchiori, 2002) e *Elyonurus* sp. (Leiria, 1991) e o alto percentual de substrato exposto, condição inicial necessária para o surgimento de areais, através de escarificações iniciais, como descreve Ab'Saber (1995). Deve-se, no entanto, de acordo com o observado, acrescentar outras espécies, principalmente *Axonopus pressus*, espécie bastante freqüente no entorno de areais localizados em Manoel Viana e São Francisco de Assis. Estas espécies representam a expressão da adaptação da vegetação natural à degradação da cobertura vegetal pelo pastoreio excessivo associada à uma fragilidade intrínseca do ecossistema campestre desenvolvido sobre substrato arenítico de deposição recente.

Em rápida inspeção da vegetação natural do entorno de areais pode-se observar o desenvolvimento de comunidades naturais de composição diferente da vegetação campestre de áreas adjacentes, sem o processo de arenização, referendo à tese de que a vegetação campestre do Rio Grande do Sul é em grande parte determinada mais por condições edáficas do que climáticas. Esta informação, no entanto, está incompleta. Qual é a dinâmica da vegetação natural do entorno de areais, é a pergunta que deve ser respondida?

Em sistemas campestres em que não ocorre o processo de arenização os processos erosivos não são perceptíveis, principalmente erosão eólica. A dinâmica de areais, no entanto, é determinada em grande parte pela ação dos ventos no transporte de sedimentos, como bem o descrevem Suertegaray (1987), Ab'Saber (1995) e Suertegaray (2001), condicionando ao freqüente soterramento a vegetação natural do entorno de areais, principalmente na borda limítrofe entre a vegetação do entorno e o núcleo de arenização. Este efeito é potencializado pela interferência antrópica. O diferimento temporário do areal localizado em Manoel Viana proporcionou o aumento da complexidade total e entropia das comunidades da borda do areal, retornando o pastoreio intensivo observou-se uma nova redução da complexidade total e entropia das comunidades de borda.

A dinâmica de areais, na borda limítrofe entre a cobertura vegetal e o núcleo de arenização, manejados sob pastoreio pode ser definida pela redução gradual da complexidade total e entropia e por último seguida da redução da complexidade estrutural das comunidades. A uniformidade de distribuição dos indivíduos entre as espécies ou componentes da comunidade é máxima com a igualdade de entropia e complexidade total. À medida que aumenta a diferença entre estas variáveis a complexidade estrutural contém mais informação do que a entropia (Anand & Orlóci, 1996). O soterramento de comunidades pelo transporte eólico de substrato arenítico condicionou a vegetação natural da borda de areais manejados sob pastoreio a uma redução no número de espécies, da abundância-cobertura dos táxons *Axonopus pressus* e *Elyonurus* sp. e do componente material morto aumentando o

percentual de substrato exposto. Estas espécies, características dos campos de areia, representam uma comunidade tipicamente impactada pela ação antrópica em ambiente de fragilidade implícita, bem descrita por Suertegaray (1987), Ab'Saber (1995), Marchiori (1995), Azevedo & Kaminski (1995) e Suertegaray et al. (2001).

O avanço do processo de arenização não necessariamente condiciona surgimento de ambiente estéril caracterizado pelas extensões de areia de irreversibilidade inexorável. Ao longo de um ano de observações da dinâmica de comunidades pode-se identificar e acompanhar o desenvolvimento de comunidades vegetais no núcleo de arenização. Mesmo sendo pastejadas ou constantemente cortadas por formigas, *Paspalum nicorae* e *Paspalum notatum* resistem no núcleo de arenização. O diferimento mostrou ser uma possibilidade na prevenção ao surgimento de areais e a recuperação da diversidade e estrutura da vegetação natural do entorno de areais.

A dinâmica de comunidades nos areais manejados sob exclusão do pastoreio é reflexo da resposta de comunidades há aproximadamente 7 anos no final do período de avaliação em Novembro de 2002. Enquanto os areais manejados sob pastoreio mostraram um constante avanço do processo de arenização, o mesmo não foi observado nos areais manejados sob exclusão do pastoreio, em transecções susceptíveis a soterramento por deposição de areia tanto por erosão hídrica como eólica. O período de observação neste trabalho não foi, provavelmente, suficiente para que observássemos colonização de comunidades arenizadas por novas espécies. Foi observada com frequência a presença de *Rynchelitrum repens* nos areais excluídos do pastoreio. Mueller-

Dombois (1981) monitorando o efeito de exclusões na regeneração de comunidades vegetais no parque nacional do Havaí identificou a mudança da composição das comunidades sob este manejo, refletindo o potencial de resposta de comunidades, mesmo que altamente impactadas. Uma das espécies que aumentaram sua frequência foi *Rynchelitrum repens*.

Nas comunidades pastejadas somente foi observada a presença de *Paspalum notatum* no núcleo de arenização, principalmente em locais usados como paradoro de bovinos.

3.5. Conclusões

- O uso das áreas com gado foi determinante na velocidade de expansão do processo de arenização;
- As comunidades vegetais da borda de areais manejados sob pastoreio em Manoel Viana e São Francisco de Assis podem ser caracterizadas por composições entre *Elyonurus* sp, *Axonopus pressus* e material morto associados a elevados percentuais de substrato exposto;
- No núcleo de areais manejados sob pastoreio, comunidades compostas por *Paspalum notatum* demonstraram ser tolerantes a remoção por erosão do substrato arenítico;
- Nas comunidades de areais manejados sob exclusão do pastoreio, não foi observada a expansão do processo de arenização, principalmente nas comunidades susceptíveis ao soterramento por areia via transporte hídrico. As comunidades caracterizadas por *Paspalum nicorae*, *Papofurum*

macrospermum, *Panicum gouiini*, mostraram-se tolerantes ao soterramento de substrato de deposição eólica;

- O processo de arenização pode ser definido pela morte de plantas e sua substituição por material morto e substrato exposto.

4. EFEITO DO SOTERRAMENTO NA DINÂMICA DE COMUNIDADES

VEGETAIS CAMPESTRES DO ENTORNO DE AREAIS

“... As águas de chuva solapavam a base do pequenino barranco, levando areias sanga abaixo, enquanto o vento jogava parte das areias soltas para os altos do barranquinho, tamponando a relva rasa, por 1,5 a 2 m² de área, documentando a ação eólica em processo.” (Ab’Saber, 1995, p. 20)

4.1. Introdução

Neste capítulo é abordado o efeito de níveis de soterramento na dinâmica de comunidades campestres do entorno de dois areais manejados sob pastoreio em Manoel Viana e São Francisco de Assis, no Sudoeste do Rio Grande do Sul.

A contínua degradação da cobertura vegetal e a erosão dos campos de areia no Sudoeste do Rio Grande do Sul, principalmente na bacia do rio Ibicuí (Marchiori, 2002), tem originado areais, extensões de areia com pouca ou inexpressiva cobertura vegetal. Nessa região a vegetação campestre é predominante (Boldrini, 1997). A degradação está associada a uma inerente fragilidade do sistema natural, pois os areais ocorrem sobre um dos tecidos geológicos mais frágeis do Brasil (Ab’Saber, 1995), e ao intenso uso em sistemas pastoris. Segundo Pillar et al. (1992) a composição de pastagens naturais está proximamente relacionada à variação espacial principalmente na umidade do solo, intensidade de pastoreio e fertilidade do solo. Essas áreas

são comumente denominadas campos de areia devido à iminente arenização. As espécies mais freqüentes que caracterizam os campos de areia são *Elyonurus* sp. (capim limão) e *Butia paraguayensis* (Butiá anão) (Marchiori, 2002).

A origem e expansão de areais está diretamente relacionada a processos erosivos hídricos e eólicos (Suertegaray, 1998; Ab'Saber, 1995). Os ventos mais freqüentes no Sudoeste do Rio Grande do Sul alternam-se entre as direções Leste e Sul (Apêndice 4, Amarante & Silva, 2002), muito fortes no inverno. As chuvas são distribuídas em 10 meses (Ab'Saber, 1995), a normal de precipitação anual para a estação de Santa Maria é de 1686,1 mm (Brasil, 1992) sendo comum a ocorrência de chuvas torrenciais. O papel dos agentes de arenização, vento e precipitação, no entanto, apresentam importância em momentos diferenciados do processo de arenização. Suertegaray (1998) destaca o papel de chuvas torrenciais no início da arenização em encostas de morros de arenito silicificado onde haja o contato entre duas litologias diferentes, sendo a erosão eólica determinante da remobilização do substrato posicionado a jusante do canal de drenagem. A expressão do processo de arenização ocorre através de ravinamento e/ou voçorocamento. Ab'Saber (1995) enfatiza além desses aspectos a importância da erosão eólica. Em areais observados por Ab'Saber (1995) os fatores de ação erosiva do solo podem ser assim organizados: uma escarificação inicial, um embrião de duna, um tempo de ação dos processos eólicos, acentuação ou atenuação do processo erosivo e acumulador, deslocamento dos "montões" de areia, segundo a direção geral dos ventos atuantes na região.

Desde que os areais têm sido estudados, notadamente a partir da década de 1970, no entanto, pouca atenção tem sido dada à dinâmica da expansão do areal como processo de substituição da cobertura vegetal pela cobertura de areia.

Baseados em evidências paleoecológicas (Behling & Pillar, em preparação), podemos imaginar que a areia tenha sido o substrato primeiro, anterior à atual fisionomia, e que foi vegetado com a umidificação do clima ao final do Holoceno. A arenização vista como um processo de contínua degradação da cobertura vegetal é inusitado, mas natural na percepção das pessoas que convivem com a arenização, pois a dinâmica de um areal é determinada pela resistência/tolerância da relação entre substrato e das comunidades vegetais aos processos erosivos hídrico e eólico. A cobertura vegetal protege o solo da erosão eólica reduzindo a força dos ventos junto ao solo e impedindo o transporte de partículas suspensas (Okin et al., 2001).

Portanto, a questão fundamental a ser respondida é relativa à resistência ou tolerância da comunidade campestre à arenização, expressão da condição edáfica.

O processo erosivo hídrico e eólico é determinado pela fragilidade do substrato arenoso inconsolidado. No entanto, o surgimento de novos focos de arenização precisa necessariamente de um evento iniciador, o que pode ser representado pela interferência antrópica na escarificação da cobertura vegetal, como descrevem Ab'Saber (1995) e Suertegaray (1995) em areais de coxilhas.

Analisando-se as condições ambientais inerentes a um areal, principalmente pela ação do vento, que pelo transporte de areia vai soterrando a vegetação limítrofe, os areais proporcionam condições ambientais semelhantes às que ocorrem em vegetação típica de dunas. Segundo Zhang & Maun (1989) e Zhang & Maun (1991), o maior fator limitante ao estabelecimento de plântulas em dunas lacustres e frontais é o soterramento por areia. Avaliando o comportamento de *Agropyron psammophilum* (vegetação típica de dunas dos grandes lagos Norte-Americanos), Zhang e Maun (1989) ressaltam três importantes efeitos causados pelo soterramento de areia no estabelecimento de plântulas dessa espécie: a) as sementes são forçadas a permanecerem dormentes; b) as sementes germinam mas as plântulas não são aptas a emergirem e; c) as plântulas emergem mas não são aptas a sobreviver ao soterramento pós-emergência. Além disso, segundo esses autores reportando-se a outros, o soterramento por areia estimula a produção de afilhos e aumenta o vigor em plantas adultas. O estabelecimento de plântulas, nessas condições, no entanto, mostra considerável variação, dependendo da espécie, características das sementes, fatores bióticos e ambientais, e competição inter e intraespecífica (Zhang e Maun, 1991).

As variações espaciais e temporais, na germinação de sementes, emergência de plântulas e seu estabelecimento em dunas, causadas pela ação do vento e ondas no substrato (Maun, 1990), não seriam muito diferentes do observado nos areais. Dos principais fatores limitantes ao estabelecimento e desenvolvimento de plântulas nas dunas destacam-se textura da areia, baixa umidade e disponibilidade de nutrientes, soterramento pela areia, efeito

abrasivo, altas temperaturas do solo, atividade humana e herbivoria (Maun, 1990), o que se observa também na borda dos areais. O benefício da utilização de espécies adaptadas ao ambiente de dunas, segundo Maun et al. (1990), virá pela possibilidade dessas espécies fornecerem uma estrutura para o posterior desenvolvimento de espécies perenes mais permanentes. Assim, podemos supor que através da avaliação da sucessão vegetal, seja em dunas ou em areais, seja possível identificar espécies com resistência potencial a tais condições adversas, que após estabelecidas criam condições para o desenvolvimento de espécies perenes mais permanentes, sem que haja a necessidade de introdução de espécies exóticas. Maun e Lapierre (1984), avaliando os efeitos de soterramento pela areia sobre *Ammophila breviligulata*, espécie colonizadora de praias dos grandes lagos Norte-Americanos, observaram que quando as plantas eram soterradas, respondiam aumentando a biomassa aérea e o espaço dos entrenós.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar experimentalmente o efeito de níveis de soterramento no processo de substituição de populações em comunidades campestres do entorno de areais.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Área de estudo:

Na região Sudoeste do Rio Grande do Sul destaca-se a área coberta por areais nos municípios de São Francisco de Assis e Manoel Viana. Para avaliar o efeito de níveis de soterramento em comunidades do entorno de areais foram escolhidos dois areais nestas localidades, ambos manejados sob pastoreio. O areal localizado em Manoel Viana (coordenadas 29°22'37" S,

55°32'11" W) apresenta uma área sem cobertura vegetal de aproximadamente 66 ha enquanto que o areal localizado em São Francisco de Assis (29°32'55" S, 55°11'46" W) apresenta uma área sem cobertura vegetal de aproximadamente 4 ha. A vegetação natural do entorno é semelhante na dominância de *Elyonurus* sp e *Axonopus pressus*. O manejo do pastoreio é diferenciado nas duas áreas, principalmente na intensidade da remoção da biomassa. No areal localizado em Manoel Viana a área vinha sendo historicamente manejada sob altas lotações, constatado pela baixa disponibilidade de biomassa observada nas visitas. Em janeiro de 2002, a área de estudo ficou sem pastoreio por aproximadamente 30 dias. Já no areal localizado em São Francisco de Assis a intensidade do pastoreio é menor, podendo-se observar uma dupla estrutura na vegetação campestre. No extrato superior aparecem principalmente *Elyonurus* sp. e *Aristida laevis*. No extrato inferior a espécie predominante é *Axonopus pressus*.

Nos dois areas observa-se uma diferença na composição da comunidade à medida que aumenta a distância em relação ao núcleo de arenização. No entanto, no areal de Manoel Viana essa diferença se acentua, notando-se claramente um limite entre uma vegetação campestre típica (*Andropogon lateralis*, *Paspalum notatum* entre outras espécies) e a vegetação do entorno do areal. Já no outro areal a diferença é bem menos clara.

Nas Figuras 1 e 2 pode-se observar aspectos gerais dos dois locais



Figura 1. Vista parcial de areal localizado em Manoel Viana. Manoel Viana, fevereiro de 2000.



Figura 2. Vista parcial de uma das faces do entorno do areal localizado em São Francisco de Assis, 31 de outubro de 2002.

4.2.2. Demarcação de áreas:

O soterramento é um dos mecanismos de expansão da arenização. Para avaliação de níveis de soterramento em comunidades vegetais do entorno de areais foram selecionadas, em cada um dos dois areais, três comunidades vegetais de diferentes características estruturais (composição

florística e altura média da biomassa), onde foram aplicados os níveis de soterramento.

Com base na altura média das comunidades vegetais do entorno de areais foram definidos quatro níveis de soterramento por areia. A saber: uma testemunha sem soterramento e três profundidades de soterramento com cinco, 10 e 20 cm. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso. O fator de bloqueamento foram tipos de comunidades vegetais (três em cada areal) identificadas como manchas relativamente homogêneas quanto à composição florística, substrato exposto e altura da vegetação (Tabela 1).

Tabela 1. Altura média da biomassa (cm) das comunidades manejadas sob níveis de soterramento em areais de Manoel Viana (MV) e São Francisco de Assis (SFA).

Soterramento (cm)	MV			SFA		
	1	2	3	1	2	3
Testemunha	<2,5	20-50	10-20	5-10	20-50	5-10
Soterrado	2,5-5	20-50	20-50	5-10	20-50	5-10

A aplicação dos tratamentos foi feita em estruturas de madeira de 1 m² com alturas de acordo com o tratamento, como pode ser observado na Figura 3. Os tratamentos foram aplicados em 16/Abril/2002 (Manoel Viana) e 25/Jan/2002 (São Francisco de Assis), conforme descrito na Tabela 2.

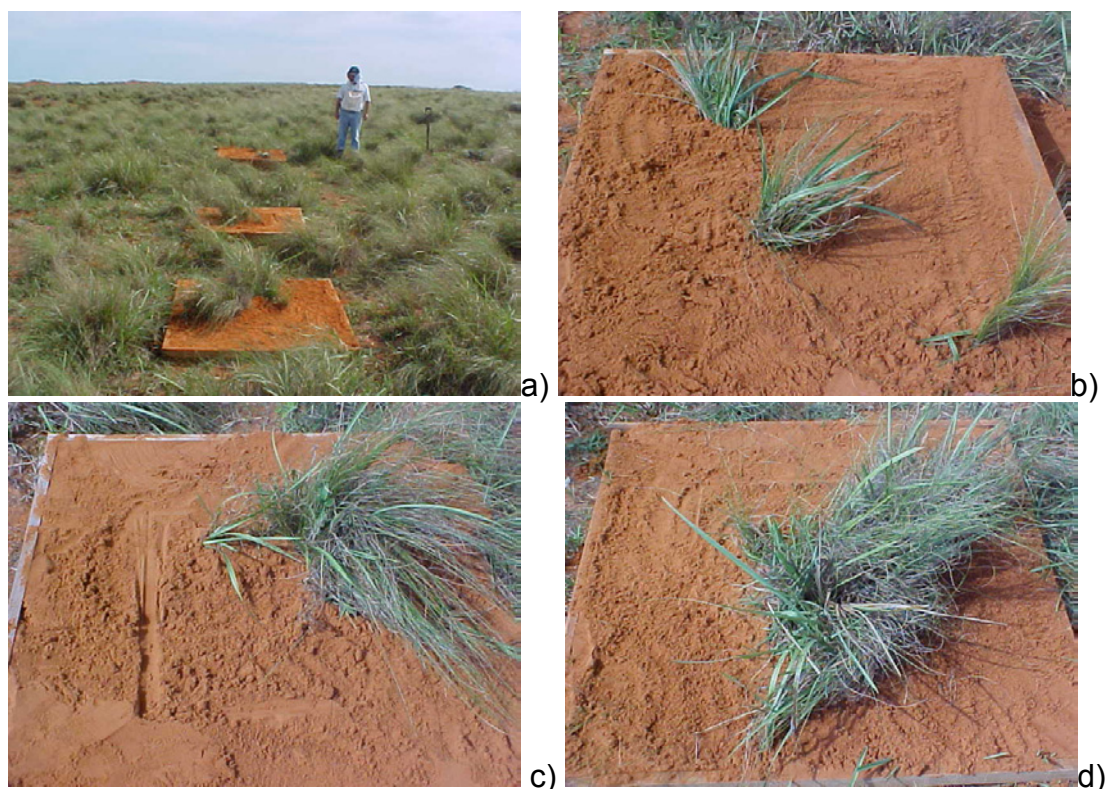


Figura 3. Parcelas experimentais após a aplicação dos tratamentos de soterramento, no bloco 3, em comunidades do entorno do areal localizado em Manoel Viana: a) vista do bloco; b) tratamento de 20 cm de soterramento; c) tratamento de 10 cm de soterramento; d) tratamento de 5 cm de soterramento. Manoel Viana, RS, 16 de abril de 2002.

4.2.3. Avaliação da vegetação:

Cada parcela foi avaliada quanto à composição florística por estimativa visual de abundância-cobertura usando a escala de Braun-Blanquet (1979). A cobertura de material morto e substrato exposto foi também avaliada pelo mesmo método. As datas em que as avaliações foram realizadas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Data de soterramento, intervalo entre as avaliações e duração do período experimental.

Manoel Viana	Intervalo (dias)	São Francisco de Assis	Intervalo (dias)
16/Abril/2002	<i>Soterramento</i>	25/Jan/2002	<i>Soterramento</i>
11/Junho/2002	56	16/Julho/2002	172
02/Dezembro/2002	174	31/Outubro/2002	107
Total	230	Total	279

4.2.4. Análise dos dados:

Os dados foram analisados utilizando-se os softwares MULTIV (Pillar, 2001) e SYNCOSA (Pillar, 2002), sendo submetidos a análise de variância multivariada com teste de aleatorização (Pillar & Orlóci, 1996) e a análise multivariada de ordenação por coordenadas principais (Podani, 2000), com avaliação da significância dos eixos de ordenação (Pillar, 1999a). A medida de semelhança utilizada em todas as análises foi distância de corda.

4.3. Resultados

A partir de análise de variância multivariada com aleatorização, foi testada a hipótese nula da não existência de diferença de composição, com base na porcentagem de cobertura de táxons, material morto e substrato exposto, entre os quatro níveis de soterramento avaliados (0, 5, 10 e 20 cm) ao final do período de avaliação em cada uma das áreas. Não foi observada interação significativa ($P=0,98$) entre os níveis de soterramento testados e a localização dos areais. Houve diferença significativa entre níveis de soterramento ($P=0,0001$) e a localização ($P=0,0225$) (Apêndice 3).

Os níveis de soterramento testados alteraram de forma significativa ($P<0,014$) a composição das parcelas experimentais ao longo do período experimental em relação à testemunha não submetida a soterramento; no

entanto, os efeitos dos níveis de soterramento (5, 10 e 20 cm) não diferiram ($P>0,16$) entre si (Apêndice 3). Na Tabela 3 pode-se observar a composição florística média dos tratamentos soterrados (5, 10 e 20 cm considerados conjuntamente), do tratamento testemunha e de cada um dos tratamentos.

Tabela 3. Composição taxonômica e substrato exposto de comunidades submetidas a tratamentos de níveis de soterramento (0= Testemunha, 5, 10 e 20cm) em quatro levantamentos (Lev). A composição de cada comunidade (colunas) e composição média das comunidades soterradas (5, 10 e 20cm) é descrita pela abundância-cobertura de cada componente (linhas) nos quatro levantamentos (Lev= 1, 2, 3, 4, data conforme Tabela 2, Capítulo 4). A ordem dos componentes em cada um dos levantamentos foi determinado segundo teste de aleatorização (Apêndice 3).

Lev	Componentes	Testemunha	Soterramento 5 cm	10 cm	20 cm
1	Material morto	7	6.2222	6.5	5.8333 6.3333
1	Substrato exposto	6	5.7222	5.5	5.3333 6.3333
1	<i>Elyonurus</i> sp.	3.3333	3.7778	4	4.1667 3.1667
1	<i>Axonopus pressus</i>	3.1667	2.7778	3	2.6667 2.6667
1	<i>Panicum gouini</i>	1.8333	1.8333333333	1.3333	3.1667 1
1	<i>Psidium</i> sp. + cf. <i>Blefarocalix</i> sp.	1	0.888886667	1	0.83333 0.83333
1	<i>Digitaria swalleniana</i>	0.33333	0.666676667	0	1.6667 0.33333
1	<i>Eragrostis neesii</i>	0.33333	0.666663333	0.83333	0.83333 0.33333
1	<i>Paspalum nicorae</i>	0.33333	0.444443333	1	0 0.33333
1	<i>Aristida laevis</i>	0.83333	0.333333333	0.5	0 0.5
1	<i>Borreria verticilata</i>	0	0.333333333	0	0.66667 0.33333
1	<i>Eragrostis lugens</i>	0	0.333333333	0.33333	0 0.66667
1	<i>Chamaecrista</i> sp.	0	0.277776667	0.33333	0 0.5
1	<i>Eupatorium subhastatum</i>	0.33333	0.277776667	0	0.5 0.33333
1	<i>Bulbostylis</i> sp.	0.66667	0.222223333	0	0 0.66667
1	<i>Commelina benghalensis</i>	0	0.22222	0.33333	0.33333 0
1	<i>Panicum sabulorum</i>	1.3333	0.22222	0.33333	0 0.33333
1	<i>Baccharis coridifolia</i>	1.1667	0.166666667	0	0 0.5
1	<i>Desmodium incanum</i>	0.33333	0.166666667	0	0.5 0
1	<i>Schizachyrium microstachyum</i>	0	0.166666667	0	0.5 0
1	<i>Senecio</i> sp.	0	0.166666667	0	0.5 0
1	<i>Setaria geniculata</i>	0.5	0.166666667	0	0 0.5
1	<i>Ageratum conyzoides</i>	0	0.11111	0	0.33333 0

Continuação Tabela 3: Composição taxonômica e substrato exposto de comunidades submetidas a tratamentos de níveis de soterramento (0= Testemunha, 5, 10 e 20cm) em quatro levantamentos (Lev). A composição de cada comunidade (colunas) e composição média das comunidades soterradas (5, 10 e 20cm) é descrita pela abundância-cobertura de cada componente (linhas) nos quatro levantamentos (Lev= 1, 2, 3, 4, data conforme Tabela 2, Capítulo 4). A ordem dos componentes em cada um dos levantamentos foi determinado segundo teste de aleatorização (Apêndice 3).

1 <i>Clitoria nana</i>	0	0.11111	0	0.33333	0
1 <i>Facelis apiculata</i>	0	0.11111	0	0.33333	0
1 <i>Gymnopogon spicatus</i>	0.33333	0.11111	0	0	0.33333
1 <i>Pfafia tuberosa</i>	0	0.11111	0	0	0.33333
1 <i>Rynchelytrum repens</i>	0.83333	0.11111	0	0.33333	0
1 <i>Stylozantes leyocarpa</i>	0.33333	0.11111	0	0	0.33333
1 <i>Waltheria douradinha</i>	0	0.11111	0	0.33333	0
1 <i>Evolvulus sericeus</i>	0.16667	0.055556667	0	0.16667	0
1 <i>Cardionema ramosissima</i>	0.33333	0	0	0	0
1 <i>Cyperus rotundus</i>	0.16667	0	0	0	0
1 <i>Oxalis</i> sp.	0.33333	0	0	0	0
1 <i>Acanthospermum australe</i>	0.33333	0	0	0	0
1 <i>Vernonia nudiflora</i>	0.33333	0	0	0	0
2 Substrato exposto	6	8.777766667	8.5	8.8333	9
2 <i>Elyonurus</i> sp.	3.3333	2	2.6667	2	1.3333
2 Material morto	7	1.7222	2.5	1.3333	1.3333
2 <i>Axonopus pressus</i>	3.1667	0.666676667	1.1667	0.33333	0.5
2 <i>Digitaria swalleniana</i>	0.33333	0.277776667	0	0.5	0.33333
2 <i>Panicum sabulorum</i>	1.3333	0.22222	0.33333	0.33333	0
2 <i>Clitoria nana</i>	0	0.11111	0	0.33333	0
2 <i>Psidium</i> sp. + cf. <i>Blefarocalix</i> sp.	1	0.11111	0.33333	0	0
2 <i>Aristida laevis</i>	0.83333	0	0	0	0
2 <i>Baccharis coridifolia</i>	1.1667	0	0	0	0
2 <i>Bulbostylis</i> sp.	0.66667	0	0	0	0
2 <i>Panicum gouiini</i>	1.8333	0	0	0	0
2 <i>Rynchelytrum repens</i>	0.83333	0	0	0	0
2 <i>Setaria geniculata</i>	0.5	0	0	0	0
3 Substrato exposto	5	8.555566667	8.1667	8.5	9
3 <i>Elyonurus</i> sp.	3.1667	1.833333333	2.5	1.6667	1.3333
3 Material morto	5.3333	1.7222	3.3333	1.3333	0.5
3 <i>Axonopus pressus</i>	2.8333	1.00001	1.6667	0.83333	0.5
3 <i>Panicum sabulorum</i>	0.33333	0.61111	0.83333	0.66667	0.33333
3 <i>Aristida laevis</i>	1.5	0.166666667	0.5	0	0

Continuação Tabela 3: Composição taxonômica e substrato exposto de comunidades submetidas a tratamentos de níveis de soterramento (0= Testemunha, 5, 10 e 20cm) em quatro levantamentos (Lev). A composição de cada comunidade (colunas) e composição média das comunidades soterradas (5, 10 e 20cm) é descrita pela abundância-cobertura de cada componente (linhas) nos quatro levantamentos (Lev= 1, 2, 3, 4, data conforme Tabela 2, Capítulo 4). A ordem dos componentes em cada um dos levantamentos foi determinado segundo teste de aleatorização (Apêndice 3).

3 <i>Eragrostis lugens</i>	0.66667	0.11111	0.33333	0	0
3 <i>Psidium</i> sp. + cf. <i>Blefarocalix</i>					
3sp.	0.33333	0.11111	0.33333	0	0
3 <i>Panicum gouini</i>	1.5	0.11111	0.33333	0	0
3 <i>Rynchelytrum repens</i>	0	0.11111	0	0	0.33333
3 <i>Baccharis coridifolia</i>	0.5	0	0	0	0
3 <i>Cardionema ramosissima</i>	0.33333	0	0	0	0
3 <i>Desmodium incanum</i>	0.5	0	0	0	0
3 <i>Gymnopogon spicatus</i>	0.5	0	0	0	0
3 <i>Paspalum nicorae</i>	0.5	0	0	0	0
3 <i>Richardia brasiliensis</i>	0.16667	0	0	0	0
3 <i>Schizachyrium microstachyum</i>	1.3333	0	0	0	0
4Substrato exposto	7.1667	8.388866667	7.8333	8.5	8.8333
4 <i>Elyonurus</i> sp.	2	2	3	1.6667	1.3333
4Material morto	4.1667	1.72221	2.8333	1.5	0.83333
4 <i>Axonopus pressus</i>	2.6667	0.944466667	1.6667	1.1667	0
4 <i>Psidium</i> sp. + cf. <i>Blefarocalix</i>					
4sp.	0.83333	0.555556667	1.5	0.16667	0
4 <i>Rynchelytrum repens</i>	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333
4 <i>Commelina benghalensis</i>	0	0.166666667	0.33333	0.16667	0
4 <i>Macroptilium</i> sp.	0	0.166666667	0.33333	0.16667	0
4 <i>Bulbostylis</i> sp.	0.66667	0.11111	0.33333	0	0
4 <i>Panicum gouini</i>	1	0.11111	0	0	0.33333
4 <i>Eragrostis lugens</i>	1.6667	0.055556667	0.16667	0	0
4 <i>Gnaphalium spicatus</i>	0.66667	0.055556667	0.16667	0	0
4 <i>Aristida laevis</i>	1	0	0	0	0
4 <i>Baccharis coridifolia</i>	0.66667	0	0	0	0
4 <i>Borreria verticilata</i>	0.33333	0	0	0	0
4 <i>Cardionema ramosissima</i>	0.33333	0	0	0	0
4 <i>Eragrostis neesii</i>	0.66667	0	0	0	0
4 <i>Evolvulus sericeus</i>	0.33333	0	0	0	0
4 <i>Facelis apiculata</i>	0.16667	0	0	0	0
4 <i>Gymnopogon spicatus</i>	0.66667	0	0	0	0
4 <i>Acanthospermum australe</i>	0.33333	0	0	0	0

Continuação Tabela 3: Composição taxonômica e substrato exposto de comunidades submetidas a tratamentos de níveis de soterramento (0= Testemunha, 5, 10 e 20cm) em quatro levantamentos (Lev). A composição de cada comunidade (colunas) e composição média das comunidades soterradas (5, 10 e 20cm) é descrita pela abundância-cobertura de cada componente (linhas) nos quatro levantamentos (Lev= 1, 2, 3, 4, data conforme Tabela 2, Capítulo 4). A ordem dos componentes em cada um dos levantamentos foi determinado segundo teste de aleatorização (Apêndice 3).

4 <i>Schizachyrium microstachyum</i>	1.1667	0	0	0	0
4 <i>Stylosantes leyocarpa</i>	0.16667	0	0	0	0
4 <i>Vernonia nudiflora</i>	0.16667	0	0	0	0

No que se refere ao efeito do soterramento em comunidades naturais do entorno de areais duas questões são fundamentais: Que comunidades ou populações persistem após soterramento?

Antes de serem soterradas as comunidades apresentavam composição florística, de material morto e substrato exposto aparentemente semelhantes ao observado nas comunidades testemunha (Tabela 3). Os táxons com maior cobertura média em ordem decrescente (ordenado pela média dos tratamentos soterrados) de abundância-cobertura foram *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus*, *Paspalum stellatum*, *Psidium* sp. + cf. *Blefarocaulis* sp., *Digitaria walleniana*, *Eragrostis neesii*, *Paspalum nicorae*, *Aristida laevis*, *Eupatorium subhastatum*, *Bulbostilis* sp., *Panicum sabulorum*, *Baccharis coridifolia* e *Desmodium incanum* (Tabela 3).

Com o soterramento houve redução no número e da cobertura de componentes florísticos e de material morto em relação ao observado antes do soterramento, e aumento do percentual de substrato exposto, o qual manteve-se alto até o final do período experimental. A cobertura de material morto permaneceu baixa após o soterramento até o final do período experimental.

Os táxons em ordem decrescente (ordenado pela média dos tratamentos soterrados) que foram identificados após soterramento foram *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus*, *Digitaria swalleniana*, *Panicum sabulorum* e *Psidium* sp. + cf. *Blefarocalyx* sp. (Tabela 3). No terceiro relevé destes táxons somente foram observados *Elyonurus* sp., *Axonopus pressus* e *Panicum sabulorum* (Tabela 3). Já no quarto relevé dos táxons remanescentes após soterramento somente *Elyonurus* sp. e *Axonopus pressus* foram observados.

Já nas comunidades testemunhas observou-se uma redução no percentual de substrato exposto no terceiro relevé, mas voltou a aumentar e a cobertura de material morto seguiu diminuindo.

Há o surgimento de novos indivíduos após soterramento? Embora o período de observação tenha sido curto (230 dias no areal localizado em Manoel Viana e 279 dias em São Francisco de Assis) foi possível observar o surgimento de novos indivíduos após soterramento (Figuras 4, Tabela 3). Logo após as comunidades terem sido soterradas, os componentes florísticos evidentes e persistentes até o final do período experimental foram *Elyonurus* sp. e *Axonopus* cf. *pressus*. No entanto, após soterramento foram identificados táxons que não haviam sido identificados logo após soterramento. Após 56 e 172 dias do soterramento respectivamente nos areas de Manoel Viana e São Francisco de Assis, apareceram: *Aristida laevis*, *Eragrostis lugens*, *Paspalum stellatum* e *Rynchelitrum repens*. Após 107 e 174 dias do relevé anterior, nas comunidades de São Francisco de Assis e Manoel Viana, respectivamente, apareceram indivíduos de *Commelina benghalensis*, *Bulbostilis* sp., *Macroptilium* sp. e *Gnaphalium spicatum* (Tabela 3).

A partir do teste de aleatorização (Apêndice 3 e Tabela 3) e da identificação de padrões na composição florística e dos componentes material morto e substrato exposto em comunidades manejadas sob níveis de soterramento em dois areas buscou-se explorar o processo de substituição de componentes florísticos, material morto e substrato exposto, nos areas de Manoel Viana e São Francisco de Assis.

Na Figura 4, os diagramas de ordenação representam a dispersão dos areas em função de sua composição florística, material morto e substrato exposto.

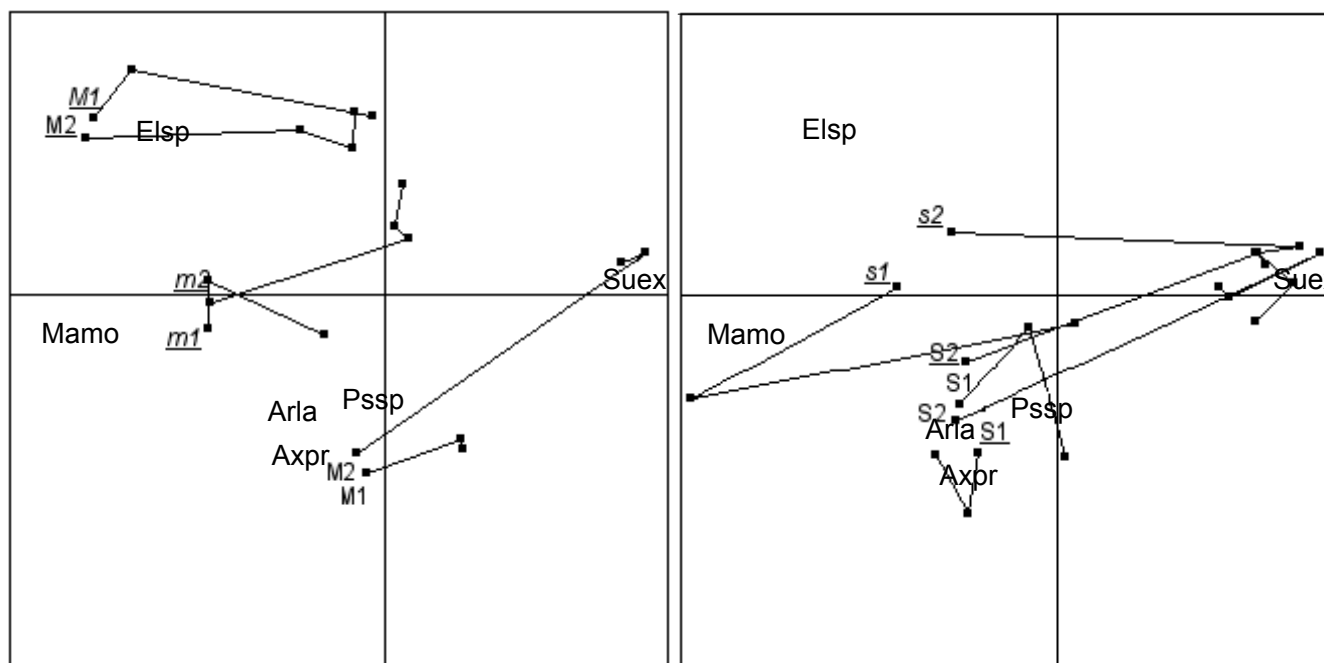


Figura 4. Diagramas de dispersão obtidos a partir da análise de ordenação de comunidades descritas pela composição florística, submetidas a diferentes níveis de soterramento, em dois areas localizados em Manoel Viana (M) e São Francisco de Assis (S), RS. Os dois diagramas provêm da mesma análise; estão separados para facilitar a visualização. Da variação total, 67,3 % é representada nos diagramas, sendo 46,3% no eixo I e 21% no eixo II. As siglas alfanuméricas representam os componentes da vegetação com correlação superior a 0,50 com os eixos de ordenação (Suex= substrato exposto, Elsp= *Elyonurus* sp., Axpr= *Axonopus pressus*, Arla= *Aristida laevis*, Pssp= *Psidium* sp. + cf. *Blefarocalyx* sp. e Mamo= material morto) e a conexão dos pontos a dinâmica das comunidades durante o período de avaliação (230 e 279 dias, respectivamente em Manoel Viana e São Francisco de Assis). As combinações de letras e números indicam o início da trajetória, o areal (M= Manoel Viana, S= São Francisco de Assis), o nível de soterramento (1= sem e 2= média dos níveis 5, 10 e 20 cm) e o bloco (caracter em caixa alta= bloco 1, minúsculo, itálico e sublinhado= bloco 2, caixa alta e sublinhado= bloco 3).

O teste por auto-reamostragem da estabilidade dos eixos de ordenação encontrou probabilidades $P(\rho^0 \geq \rho) = 0,201$ e $P(\rho^0 \geq \rho) = 0,126$ respectivamente para o segundo e primeiro eixos. Essa probabilidade, de que as tendências de variação indicadas no diagrama de dispersão sejam obtidas com dados aleatórios, é uma medida inversa da confiabilidade da interpretação da ordenação. Os demais eixos de ordenação apresentaram probabilidades mais altas do que para os dois primeiros eixos.

Os táxons que se destacaram nas comunidades manejadas sob pastoreio, soterradas (tratamento 2) e não soterradas (tratamento 1), foram *Axonopus pressus*, *Elyonurus* sp. *Aristida laevis* (Figura 4). Como pode-se observar na Tabela 3 os táxons *Elyonurus* sp. e *Axonopus pressus* foram os componentes que toleraram o soterramento, permanecendo até o final do período experimental, principalmente nos blocos 2 (m1, m2) e 3 (M1, M2) de Manoel Viana (Figura 4).

Os blocos foram selecionados em função de sua composição e altura média da biomassa. No areal de Manoel Viana observa-se que as comunidades do bloco 1 (M1 e M2) caracterizaram-se pela presença predominante de *Axonopus pressus*. Nos blocos 1 e 3 (S1, S2 e S1, S2, respectivamente) do areal em São Francisco de Assis os táxons predominantes foram *Aristida laevis*, mirtáceas (2 táxons) e *Axonopus pressus*. Estas comunidades logo após soterramento apresentaram significativo aumento do substrato exposto e redução da cobertura florística; ou seja, foi maior a magnitude das alterações (trajetórias mais longas). Já as comunidades

dos blocos 2 (m1, m2), caracterizadas por *Axonopus pressus* e *Elyonurus* sp., e 3 (M1, M2), caracterizadas por *Elyonurus* sp., apresentaram uma maior tolerância ao soterramento (trajetórias mais curtas).

No bloco 2 (s1, s2) em São Francisco de Assis as comunidades apresentaram em sua composição principalmente *Axonopus pressus* e *Elyonurus* sp., no entanto, após soterramento aumentou significativamente a cobertura de substrato exposto e reduziu a de componentes florísticos. Após soterramento todas as comunidades foram intensamente procuradas por bovinos, no entanto, as comunidades dos blocos 1 (S1, S2) e 2 (s1, s2) em São Francisco de Assis, entre os dias 1 e 7 de setembro de 2002, foram queimadas.

4.4. Discussão:

O soterramento da vegetação natural da borda de areais por substrato arenoso transportado pelo vento é um dos mecanismos de expansão do processo de arenização. Os resultados revelaram padrões de variação da composição, incluindo táxons vegetais, material morto e substrato exposto, após soterramento por areia. As trajetórias ao longo do tempo representam processos de alteração da comunidade vegetal em resposta à arenização e permitem inferir mecanismos de expansão dos areais.

De Santiago a Alegrete, Ab'Saber (1995) observou que a dinâmica dos areais está relacionada à erosão eólica do substrato arenoso condicionando à vegetação limítrofe a níveis constantes de soterramento, através do transporte e deposição de areia. A deposição de areia é o maior fator limitante ao estabelecimento de plântulas em dunas (Zhang & Maun,

1989; Zhang & Maun, 1991). Contudo, o efeito do vento em campos de areia é determinado em grande parte pela ausência de cobertura vegetal eficiente na proteção do solo, permitindo que haja substrato arenítico para transporte. A cobertura vegetal impede a ação do vento na remoção do substrato. A cobertura vegetal impede a ação do vento na superfície do solo, reduzindo o impacto deste no transporte de partículas do solo (Okin et al., 2001). Na borda de um areal, observa-se uma gradual redução da cobertura vegetal, desde uma composição típica dos campos do entorno até uma situação em que ocorre a presença de poucos indivíduos na zona limítrofe com o núcleo de arenização. *Elyonurus* sp. é uma das espécies em que se observa maior tolerância ao soterramento que naturalmente ocorre em areais. Em soterramento natural, que ocorreu no período experimental em um dos areais, observou-se soterramento médio de 15 cm (5-25 cm). Segundo Ab'Saber, o soterramento através de erosão eólica é o principal mecanismo de expansão de areais Ab'Saber (1995).

O soterramento, no entanto, é apenas um dos mecanismos do processo de arenização. Assim como observado em ambientes áridos, em que o vento é um agente de erosão e degradação da cobertura vegetal através do transporte de areia, a morte de plântulas e as condições de solo desfavoráveis à germinação de novos indivíduos (Locvich & Brainbridge, 1999 apud Okin et al., 2001) são condicionantes.

Os resultados do experimento indicam que o soterramento de comunidades do entorno de areais produz significativas alterações na

cobertura florística e de material morto, aumentando consideravelmente o percentual de substrato exposto.

A resposta das comunidades ao soterramento depende da composição florística antes do soterramento (Tabela 3) e da altura média da biomassa (Tabela 1). As comunidades mais susceptíveis ao soterramento foram aquelas que apresentaram uma combinação de composição basicamente de *Axonopus pressus*, *Aristida laevis* e os táxons *Psidium* sp. + cf. *Blefarocalyx* sp. associada a uma baixa altura média de biomassa (2,5-10 cm). *Axonopus pressus* e *Aristida laevis* podem ser táxons tolerantes mais resistentes ao soterramento com maior altura. Por outro lado, apresentaram maior tolerância comunidades com dominância de *Elyonurus* sp. e maior altura média da biomassa (20-50 cm), como o observado nas comunidades soterradas do areal de Manoel Viana no bloco 3. Maior contribuição de *Elyonurus* sp. associada a uma maior altura da biomassa proporcionou maior tolerância ao soterramento.

Independente da composição inicial das comunidades manejadas sob soterramento e da altura média da biomassa das comunidades, foi observado o surgimento de novos indivíduos e aumento da cobertura de indivíduos já identificados anteriormente (*Aristida laevis*) nas comunidades. Não houve aparentemente nenhuma relação entre tolerância ao soterramento e surgimento de novos indivíduos nas comunidades soterradas. O soterramento de comunidades do entorno de areais não impediu o posterior desenvolvimento de novos indivíduos.

Em comunidades arenizadas após soterramento a identificação de novos indivíduos reflete um provável potencial de revegetação das comunidades naturais do entorno dos areais. Os mecanismos de arenização como soterramento, remoção de substrato e o poder abrasivo das partículas transportadas pelo vento são tolerados por componentes taxonômicos existentes na vegetação natural do entorno dos areais. *Commelina benghalensis* (com baixo nível de soterramento), *Bulbostilis* sp., *Rynchelitrum repens* e *Axonopus pressus*.

4.5. Conclusões

- A simulação de níveis de soterramento mostrou ser eficiente na avaliação da resposta ao soterramento de comunidades naturais do entorno de areais;
- Composição e altura da biomassa foram determinantes da resposta ao soterramento;
- Soterramentos superiores a 5 cm foram suficientes para alterar a dinâmica de comunidades;
- *Elyonurus* sp. e *Axonopus pressus* seguidos de *Aristida laevis* mostraram-se mais tolerantes ao soterramento;

5. PREVENÇÃO DA ARENIZAÇÃO EM CAMPOS DE AREIA:

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Two examples from southern Germany show that restoration goals in European cultural landscapes can only be implemented successfully when they are integrated into the respective land use systems.” (Pfadenhauer, 2001, p.220).

Após ser questionado sobre alternativas de manejo para a revegetação de areais o “campeiro” de uma das fazendas comenta: “...para que cresça vegetação nos areais tem que tirar o gado ...”.

“Meu avô já dizia: vaca para repetir cria tem que molhar as orelhas no sereno ..” (Maury Gioda, com. pess.).

5.1. Vegetação natural e o processo de arenização

Neste capítulo é proposta, a partir das discussões feitas nos capítulos anteriores, observações de campo e comentários de colaboradores, uma sistemática conceitual de suporte à elaboração de estratégias de manejo para a revegetação e prevenção à arenização em sistemas pastoris do Sudoeste do Rio Grande do Sul, com base na vegetação natural do entorno de areais. Ademais, durante o trabalho de campo tive a oportunidade de registrar como pessoas mais diretamente afetadas pelo problema da arenização (campeiros, técnicos, proprietários) percebem o problema; os seus comentários foram valiosos para embasar este capítulo.

A reversão da arenização somente será alcançada pela adoção de medidas, sustentáveis do ponto de vista ecológico, para a prevenção do surgimento de

novos focos de arenização e revegetação de areais já existentes. Para tanto, é necessária uma mudança na percepção da dinâmica de areais, que considere o papel da cobertura vegetal natural. O processo de arenização deve ser entendido como a perda de cobertura vegetal e material morto e sua substituição por substrato exposto. Até o presente, pouca importância foi dada à cobertura vegetal natural; ao contrário, ela foi definida como ineficiente na contenção do processo de arenização, como observou Marchiori (1992).

Um areal deve ser percebido a partir da sua relação com a vegetação natural constantemente submetida a interferências antrópicas. Os areais representam o passado provável dos campos de areia, os quais teriam sido vegetados quando o clima daquela região se tornou mais úmido ao final do Holoceno, como indicam evidências paleoecológicas (Behling & Pillar, em preparação). Portanto, a vegetação natural pode ser importante na reversão do processo de arenização.

A desconsideração do papel da cobertura vegetal fez com que a interferência antrópica tenha ignorado a implícita fragilidade desses ecossistemas (Ab'Saber, 1995; Marchiori, 1995; Suertegaray et al., 2001), dificultando a adoção de medidas preventivas, levando a práticas insustentáveis de regressão do processo de construção pedológica. As alternativas de manejo que têm sido sugeridas para a contenção do processo de arenização revelam o desconhecimento da dinâmica dos sistemas campestres naturais da região Sudoeste do Rio Grande do Sul. Não há evidências de que tais alternativas, que envolvem o cultivo de areais com

espécies arbóreas como *Eucaliptus* sp. e *Pinus* sp. (Souto, 1985), sejam sustentáveis do ponto de vista ecológico.

A cobertura vegetal age protegendo o solo da ação do vento na remoção do substrato arenoso e impede que partículas sejam transportadas (Okin et al., 2001). A remoção da cobertura vegetal expõe o substrato aos processos erosivos hídrico e eólico iniciando o processo de arenização. Segundo Ab'Saber (1995), os areais entre Santiago e Alegrete têm como principal mecanismo de início e expansão a erosão eólica.

A vegetação campestre suscetível à arenização é regionalmente conhecida por campos de areia (Leiria, 1991; Marchiori, 2002). Nessas condições, a vegetação do entorno de areais é constantemente submetida a distúrbios causados pelos mecanismos de arenização e do pastoreio. Os colaboradores relataram em seus depoimentos, e observei pessoalmente, a preferência bovina e eqüina pela vegetação natural do entorno e núcleo de arenização, impondo à vegetação natural níveis altos de remoção de biomassa aérea, além do soterramento pela maior exposição do solo à erosão. A preferência animal pelos campos de areia e pelos areais possivelmente esteja relacionada ao conforto proporcionado pelo substrato macio e seco em períodos chuvosos e frios, em locais muitas vezes abrigados do vento e próximos a fonte de água.

Os campos de areia, como caracterizaram Leiria (1991) e Marchiori (2002), apresentam as marcantes presenças de *Butia paraguayensis*, *Elyonurus* sp e, como observado nos capítulos anteriores, a contribuição de *Axonopus pressus* entre outros táxons, além do elevado percentual de

substrato exposto. Essa composição característica é a expressão da interação de fatores edáficos e de manejo, como se pode observar nos areais soterrados descritos no capítulo 4. Estes, quando excluídos do pastoreio intensivo, mudam a sua trajetória tendendo a revegetação, como foi observado no capítulo 2. Segundo Pillar et al. (1992), a variação local da composição de pastagens naturais está associada principalmente a variação espacial de umidade, fertilidade do solo e intensidade de pastoreio. As comunidades do entorno de areais mostraram adaptação ao pastoreio (capítulo 2), além de suportarem as condições edáficas associadas à arenização.

Observando a vegetação natural do entorno de areais, nota-se um gradiente de tolerância à arenização, como descrito em algumas trajetórias de transecções no capítulo 3. Na borda do areal as espécies predominantes são *Elyonurus* sp. e *Axonopus pressus*, como pôde-se observar no capítulo 3. A presença dessas espécies, e de *Aristida laevis* e *Eragrostis lugens* entre outras menos freqüentes, se deve ao fato de serem espécies mais tolerantes à combinação dos distúrbios pastoreio e soterramento. As espécies cespitosas agem como barreiras ao substrato arenoso que está sendo transportado, impedindo que este seja levado a maiores distâncias, enquanto que as espécies formadoras do extrato inferior, notadamente *Axonopus pressus*, impedem que do entorno do areal haja substrato para ser transportado, assim como descreve Okin et al. (2001) em ambiente semi-árido.

Segundo Ab'Saber (1995), o processo de arenização é dependente da existência de escarificações iniciais na cobertura vegetal. O pastoreio

intensivo age reduzindo gradualmente esta cobertura criando escarificações que permitem a disponibilização de substrato ao transporte eólico.

5.2. Manejo preventivo da degradação da cobertura vegetal e revegetação de areais no Sudoeste do Rio Grande do Sul

Segundo Azevedo & Kaminski (1995), os núcleos de arenização estão inclusos principalmente na unidade de mapeamento de solos Cruz Alta (Latosolo Vermelho Escuro, com ocorrência de areias quartzosas, mas também de solos Podzólicos das unidades São Pedro e Santa Maria). O mapeamento do grau de suscetibilidade à arenização seria uma ferramenta importante na prevenção da arenização.

Os campos de areia, além da composição florística particular, apresentam um elevado percentual de substrato exposto, determinado pela fragilidade natural e potencializado pelo superpastoreio. A principal medida que aqui propomos para a prevenção da arenização é a recuperação da cobertura vegetal do solo através de diferimentos estacionais (Quadros & Pillar, 2001), o que se apoia em resultados obtidos em areal localizado em Manoel Viana (capítulo 3). O fato dos táxons vegetais dominantes crescerem principalmente no período de primavera-verão, sugere que o diferimento deva ser realizado nesse período. A duração do diferimento deverá ser função da taxa de crescimento e recobrimento da vegetação natural. A utilização do ajuste de lotação (Boldrini & Maraschin, 1991; Boldrini, 1993), variando a oferta de forragem por unidade animal, pode ser uma alternativa a ser utilizada em conjunto com o diferimento.

Em areais em que se observa o processo de arenização em expansão, deve ser implementado um conjunto de práticas de manejo voltado para a prevenção do surgimento de novos focos de arenização e controle de ravinas. Alternativas para o controle de ravinas são avaliadas em Suertegaray et al. (2001). Como pôde-se observar no capítulo 4, existem na vegetação natural do entorno de areais, espécies com tolerância ao soterramento e adaptadas ao pastoreio (capítulo 2). A exclusão do gado deve ser a primeira alternativa a ser adotada, pois, como pôde-se observar nos areais manejados sob exclusão em Alegrete e São Francisco de Assis (capítulo 2), existe nas comunidades naturais potencial de reversão do processo de arenização e até mesmo de colonização de comunidades arenizadas (capítulo 4).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. A revanche dos ventos: derruição de solos areníticos e formação de areais na campanha gaúcha. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, vol. 1, n.1, p. 7-32, 1995.
- AMARANTE, O. A. C. do.; SILVA, F. de J. L. da. **Atlas eólico**: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SEMC, 2002. 70p.
- ANAND, M. **Towards a unifying theory of vegetation dynamics**. London, Ontario, Canada, 1997. 242 f. Tese (Doctor of Philosophy – Environmental Science) – Faculty of Graduate Studies, The University of Western Ontario, London, Ontario, Canada, 1997.
- ANAND, M.; ORLÓCI, L. Complexity in plant communities: the notion and quantification. **Journal of Theoretical Biology**, Sandiego, n. 179, p.179-186, 1996.
- ARCHER, S.; SMEINS, F. E. Ecosystem-level processes. In: HEITSCHMIDT, R. K. STUTH, J. W. (eds.). **Grazing management: an ecological perspective**, Portland: Timber Press, p.109-140, 1991.
- AVÉ-LALLEMANT, R. **Viagem pela província do Rio Grande do Sul (1858)**. São Paulo: Itatiaia/USP, 1980.
- AZEVEDO, A. C. de; KAMINSKI, J. Considerações sobre os solos dos campos de areia do no Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 65-70, 1995.
- BEHLING, H. A high resolution Holocene pollen record from Lago do Pires, SE Brazil: vegetation, climate and fire history. **Journal of Paleolimnology**, Belgium, v. 14, p. 253-268, 1995.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil. **Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeocology**, Amsterdam, Netherlands, v. 129, p. 407-422, 1997a.
- BEHLING, H. & M. Lichte. Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical southeastern Brazil. **Quaternary Research**, San Diego, CA, v.48, p.348-358, University of Washington, 1997b.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Amsterdam, Netherlands, v. 99, p.143-156, 1998.

- BEHLING, H.; PILLAR, V.D.; ORLÓCI, L. BAERMANN, S.G. Late Quaternary *Araucaria* forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, inferred from a high resolution pollen and charcoal record at Cambará do Sul in southern Brazil. ***Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*** (Submetido)
- BEHLING, H.; PILLAR, V.D. Late Quaternary grassland (Campos), fire and climate dynamics, inferred from a pollen and charcoal record at São Francisco de Assis in southern Brazil. (Em preparação)
- BELLANCA, E. T. **Uma contribuição para a explicação da gênese dos areais do Sudoeste do Rio Grande do Sul**. 2002. 87f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Geografia, Porto Alegre, 2002.
- BOLDRINI, I. I.. **Dinâmica de vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem etipos de solos, Depressão Central, RS**. 1993. 262 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Porto Alegre, 1993.
- BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização Fisionômica e Problemática ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, n. 56, 39p., 1997.
- BOLDRINI, I. I.; MARASCHIN, G. E. Dinâmica de vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solo, Depressão Central, RS. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS FORRAGEIROS DAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL DO CONE SUL, 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: EMBRAPA, 1991. p.55, 1991.
- BRASIL. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia**; bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: Blume, 1979. 820p.
- Instituto Desert. **Contém informações sobre desertificação**. Disponível em: <http://www.desert.org.br>. Acesso em: 17 de Novembro de 2002.
- JAEGER, S. J. L. G. Nota do Editor ao leitor. In: RAMBO, S. J. B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Unisinos, 1956, 473p.
- KLEIN, R.M. Aspectos dinâmicos da vegetação do Sul do Brasil. **Sellowia. Anais Botânicos do Herbário "Barbosa Rodrigues"**, Itajaí , n.36, p. 5-54, 1984.
- LEIRIA, J. O. N. **Campos de areia: Poesia crioula**. 2 ed. Porto Alegre: Martins Livreiro, 1991, p. 64.
- LEONARDI, G.; CARVALHO, I. S.. Ichnosite of Ouro - Araraquara, São Paulo state, Brazil. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Edit.) **Sítios Geológicos e**

- Paleontológicos do Brasil.** Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio079/sitio079.htm>. Acesso em: 17 de Novembro de 2002.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L.. **Numerical Ecology**. 2 ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1998, 853p.
- MAAREL, E. van der. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. **Vegetatio**, The Hague, v. 39, n.2, p. 97-114, 1979.
- MACIEL FILHO, C. L.; SARTORI, P. L. P. Aspectos estruturais da região de São Francisco de Assis, RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 1, p. 53-65, 1979.
- MARCHIORI, J. N. C. Areais no Sudoeste do Rio Grande do Sul. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 65-90, 1992.
- MARCHIORI, J. N. C. Vegetação e areais no Sudoeste Rio-Grandense. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 81-92, 1995.
- MARCHIORI, J. N. C. Considerações terminológicas sobre os campos sulinos. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 139-150, 2002.
- MAUN, M. A. Ecology of seedling establishment on coastal and lacustrine sand dune systems. **Proceedings Canadian Symposium on Coastal Sand Dunes**, [S.L.], p. 251-276, 1990.
- MAUN, M. A.; BOYD, R. S.; OLSON, L. The biological flora of coastal dunes and wetlands. 1. *Cakile edentula* (Bigel.) Hook. **Journal of Coastal Research**, Royal Palm Beach, v. 6, n. 1, p.137-156, 1990.
- MAUN, M. A.; LAPIERRE, J. The effects of burial by sand on *Ammophila breviligulata*. **Journal of Ecology**, Osney Mead, Oxford, v. 72, p. 827-839, 1984.
- MCINTOSH, R. P.. **The Background of Ecology**; Concept and Theory. Cambridge: Cambridge University Press, 1985, 383p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente do Brasil. Contém informações institucionais, técnicas, notícias, projetos e serviços. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 17 de Novembro de 2002.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 5 ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2002.
- MUELLER-DOMBOIS, D. Vegetation dynamics in a coastal grassland of Hawaii. **Vegetatio**, Dordrecht, Netherlands, v. 46, p. 131-140 1981.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: J. Wiley, 1974. 547p.
- OKIN, G. S.; MURRAY, B.; SCHLESINGER, W. H. Degradation of sandy arid shrubland environments: observations, process modelling, and management

- implications. **Journal of Arid Environments**, London, v. 43, p. 123-144, 2001.
- ORLÓCI, L.; ANAND, M.; PILLAR, V. D. Biodiversity analysis: issues, concepts, techniques. **Community ecology**, Budapest, Hungary, v. 3, n. 2, p. 217-236, 2002.
- PFADENHAUER, J. Some remarks on the socio-cultural background of restoration ecology. **Restoration Ecology**, Malden, MA, v. 9, n.2, p. 220-229, 2001.
- PILLAR, V. D.; JACQUES, A. V. A.; BOLDRINI, I. I. **Fatores de ambiente relacionados a variação da vegetação de um campo natural**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 27, n.8, p. 1089-1101, 1992.
- PILLAR, V. D. Padrões e processos em campos do Sul do Brasil. **Tópicos atuais em botânica**, Porto Alegre, p.165-171 2000.
- PILLAR, V. D. **MULTIV**: aplicativo para análise multivariada e teste de hipóteses. Porto Alegre: Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- PILLAR, V. D. **SYNCSA: software intergrado para análise multivariada de comunidades baseada em caracteres, dados de ambiente, avaliação e testes de hipóteses**. Porto Alegre: Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- _____. The bootstrapped ordination reexamined. **Journal of Vegetation Science**, Grangaerde, Sweden, n. 10, p.895-902, 1999a.
- _____. How sharp are classifications?. **Ecology**, Washington, DC, v. 80, n. 8, p. 2508-2516, 1999b.
- PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. **Journal of Vegetation Science**, Grangaerde, Sweden, v. 7, p. 585-592, 1996.
- PILLAR, V. D.; QUADROS, F. L. F. de. Grassland-forest boundaries in southern Brazil. **Coenoses**, Gorizia, Italy , v. 12, n. 2-3, p. 119-126, 1997.
- PODANI, J. **Introduction to the Exploration of Multivariate Biological Data**. Leiden: Backhuys, 2000. 407 p.
- PORTO, M. L. Os campos sulinos: sustentabilidade e manejo. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 139-150, 2002.
- QUADROS, F. L. F. de. **Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamentos de queima e pastejo**. 1999. 109 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Porto Alegre, 1999.
- QUADROS, F. L. F. de; PILLAR, V. D. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamentos de queima e pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p. 863-868, 2001.

- QUADROS, F. L. F. de; PILLAR, V. D. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 109-118., 2002.
- SOUTO, J. J. P. **Deserto, uma ameaça?** Estudo dos núcleos de desertificação na fronteira Sudoeste do RS. Porto Alegre: DRNR Diretoria Geral, Secretaria da Agricultura, 1985. 169p.
- SUERTEGARAY, D. M. A., **A trajetória da natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí-RS**. São Paulo, USP, 1997. 243 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- SUERTEGARAY, D. M. A. O Rio Grande do Sul descobre os seus desertos. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n.1, p. 33-52, 1995.
- SUERTEGARAY, D. M. A. **Deserto grande do Sul: controvérsia**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. p. 109.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. **Atlas da arenização**: Sudoeste do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: Secretaria da Coordenação e Planejamento, 2001. 85p.
- VERDUM, R. **Approche géographique des “déserts” dans les communes de São Francisco de Assis et Manoel Viana, état du Rio Grande do Sul, Brésil**. Toulouse: Université de Toulouse Le Mirail, 1997. 211 f. Thèse (Doctorat) - Université de Toulouse Le Mirail. UFR de Géographie et Aménagement, Toulouse, France, 1997.
- WARMING, E.; VAHL, M. **Oecology of Plants: an introduction to the study of plant communities**. Ayer: Arno Press, 1977. 422p.
- ZHANG, J; MAUN, M. A. Effects of sand burial on seed germination, seedling emergence, survival, and growth of *Agropyron psammophilum*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, Canada, v. 68, p. 304-310, 1989.
- _____. Stablishment and growth of *Panicum virgatum* L. seedlings on a Lake Erie sand dunes. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, Harvard, USA, v. 118, n.2, p. 141-153, 1991.

7. APÊNDICES

Apêndice 1. Abundância-cobertura (Maarel) de espécies e de substrato exposto (correlação > 0.50) de comunidades de areais localizados em Manoel Viana (MV), São Francisco de Assis (SFA) e Alegrete (Ale), manejados sob pastoreio (P) e exclusão (E).

Mun. Man.	ua	Elyonurus sp.	Andropogon Lateralis	Subst. exposto	Croton sp.	Setaria geniculata	Coniza bonariensis	Paspalum notatum	Piptochaetium montevidensis	Richardia grandiflora	Ortopapus angustifolius	Paspalum nicorae	Cyperus rotundus	Acanthospermum australe	Eragrostis lugens	Cardionema ramosissima	Gymnopogon spicatus
MV	E. 1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	P. 2	7	-	7	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	2	2	-
	P. 3	-	-	5	-	2	2	3	2	-	-	3	2	-	2	2	-
	E. 4	8	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P. 5	7	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P. 6	5	-	7	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-
	P. 7	-	-	8	-	2	-	2	-	-	-	5	1	-	2	-	-
	P. 8	5	-	7	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	2	-	-
	P. 9	5	-	7	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	2	2	-
	P. 10	5	-	5	-	2	2	-	-	-	-	5	2	-	-	2	-
	P. 11	5	-	5	-	2	2	2	-	-	-	7	1	-	2	2	-
SFA	P. 12	5	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-
	P. 13	5	-	8	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-
	P. 14	5	-	8	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	3	-
	P. 15	7	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
	P. 16	5	-	8	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
	P. 17	8	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-
	P. 18	5	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
	P. 19	3	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P. 20	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
	P. 21	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-
	E. 22	3	-	5	3	2	-	2	2	-	2	3	2	1	2	2	2

Continuação Apêndice 1. Abundância-cobertura (Maarel) de espécies e de substrato exposto (correlação > 0.50) de comunidades de areais localizados em Manoel Viana (MV), São Francisco de Assis (SFA) e Alegrete (Ale), manejados sob pastoreio (P) e exclusão (E).

Ale	E	23	2	-	7	2	-	2	3	-	2	2	9	-	-	2	2	-
	E	24	-	-	-	5	2	2	3	-	3	2	7	2	2	2	3	-
	E	25	8	-	5	5	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	3	-
	E	26	-	9	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-
	E	27	-	-	7	-	-	-	-	-	1	2	2	2	-	-	-	2
	E	28	5	5	5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-
	E	29	-	-	-	-	2	1	-	3	2	-	-	-	2	-	-	2
	E	30	5	3	5	-	-	-	-	-	5	1	-	2	1	-	-	2
	P	31	-	-	-	5	2	3	3	3	2	3	5	3	-	1	2	2
	P	32	3	7	-	5	-	-	2	2	2	2	2	2	2	-	-	2
	P	33	5	8	-	3	3	1	5	-	-	-	3	3	-	-	-	2
	P	34	8	3	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	P	35	8	5	7	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	P	36	3	-	8	5	3	-	-	2	-	-	2	2	-	2	-	3
	P	37	9	-	-	2	-	1	-	2	-	-	2	-	-	-	-	2
	P	38	5	7	5	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	-	3
	P	39	9	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P	40	-	-	5	5	2	3	2	2	-	-	3	-	-	2	2	2
	P	41	3	8	5	3	3	2	3	3	-	-	2	2	-	2	2	2

Apêndice 2. Complexidade total (L), entropia (H, $\alpha = 12$), complexidade estrutural (L-H), variáveis em bits e número de espécies por comunidade do entorno de áreas localizadas em São Francisco de Assis, Manoel Viana e Alegrete, manejados sob pastoreio (P) e sem pastoreio (E).

Município	Man.	comunidade	L	H	L-H	Número de espécies
MV	E	1	1.4064	0.47199	0.93442	11
	P	2	2.2707	1.5031	0.76756	18
	P	3	2.6091	1.5426	1.0665	33
	E	4	1.5675	0.85691	0.7106	8
	P	5	1.8353	1.0058	0.82953	15
	P	6	1.6969	0.98855	0.70831	26
	P	7	1.5589	0.63814	0.92073	18
	P	8	1.5066	0.64372	0.86286	18
	P	9	1.6452	0.67273	0.97243	31
	P	10	2.3964	2.0465	0.3499	23
	P	11	1.9661	1.0321	0.93396	29
SFA	P	12	1.8679	0.86521	1.0027	12
	P	13	1.6212	0.67711	0.94407	15
	P	14	1.3877	0.45214	0.93559	12
	P	15	1.942	1.3043	0.63775	13
	P	16	2.0454	1.4079	0.63747	9
	P	17	1.6669	1.0019	0.665	11
	P	18	1.9296	0.90254	1.0271	14
	P	19	1.3638	0.44646	0.91736	9
	P	20	1.7501	0.95167	0.79846	15
	P	21	2.6624	2.3816	0.28073	10
	E	22	1.8424	0.60934	1.2331	30
	E	23	1.4186	0.61519	0.80343	22
	E	24	2.093	0.90396	1.189	23
	E	25	2.3036	1.0423	1.2613	22
Ale	E	26	1.0617	0.057398	1.0043	11
	E	27	1.4346	0.76053	0.67404	16
	E	28	1.8745	0.86666	1.0078	14
	E	29	1.8165	1.1877	0.62881	17
	E	30	2.3575	1.2099	1.1475	23
	P	31	2.7252	1.6744	1.0508	20
	P	32	2.3475	1.1836	1.1639	31
	P	33	3.0205	1.8359	1.1846	31
	P	34	1.815	1.0485	0.76644	26
	P	35	2.6752	1.9133	0.76187	17
	P	36	2.4016	1.0751	1.3265	23
	P	37	1.5219	0.5173	1.0046	21
	P	38	2.9519	1.4413	1.5106	25
	P	39	2.0429	0.8009	1.242	16

P	40	2.6789	2.2165	0.4624	21
P	41	2.3476	0.80295	1.5447	28

Apêndice 3 Resumo do teste de comparação de médias via aleatorização .

RANDOMIZATION TEST

Sat Jan 11 18:08:14 2003

Elapsed time: 11.6667 seconds

Analysis status:

Data file name: aleato_SFA_MVP

Dimensions: 24 sampling units, 176 variables

Data type: (1) quantitative, same units

Scalar transformation: (0)none

Vector transformation: (0)none

Resemblance measure: (18)chord distance, (1)between sampling units

Session IS saved.

Number of iterations: 10000

Random number generation initializer: 1042308476

Test criterion: (1)between group sum of squared distance

Group partition of sampling units:

Sampling units: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Factor Blocks:

Groups: 1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5 6 6 6 6

Order of groups in contrasts: 1 2 3 4 5 6

Factor Soterramento:

Groups: 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4

Order of groups in contrasts: 1 2 3 4

Source of variation	Sum of squares(Q)	P(QbNULL>=Qb)
---------------------	-------------------	---------------

Blocks:

Between groups	2.6892	
----------------	--------	--

Soterramento:

Between groups	1.4918	0.0001
----------------	--------	--------

Contrasts:

1 -1 0 0	0.50842	0.0137
1 0 -1 0	0.89295	0.0003
1 0 0 -1	1.0239	0.0001
0 1 -1 0	0.1871	0.3083
0 1 0 -1	0.24877	0.1612
0 0 1 -1	0.12246	0.6736

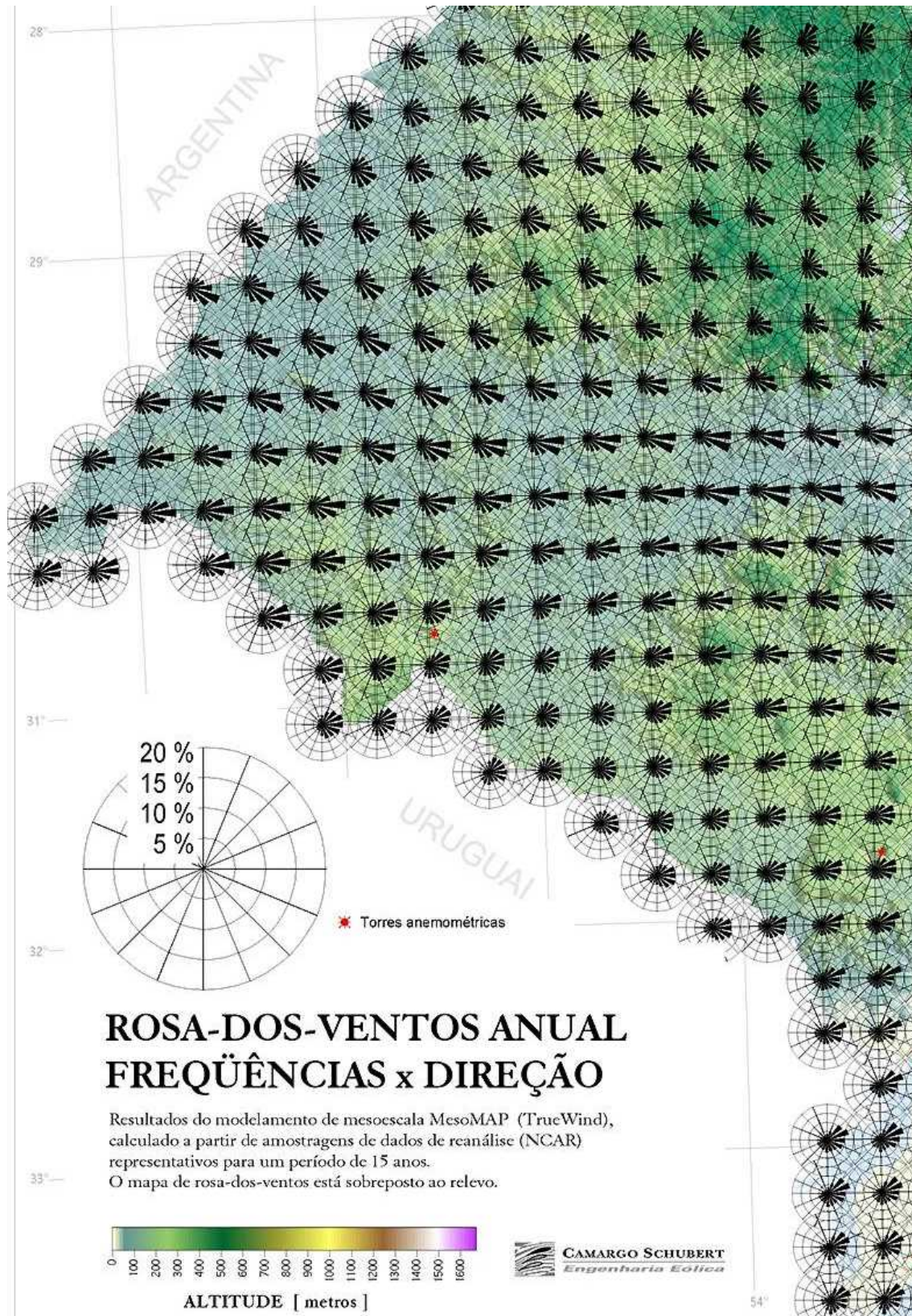
Localizacao:

Between groups	0.64297	0.0225
Contrasts:		
1 -1	0.64297	0.0225

Soterramento x Localizacao	0.41071	0.9866

Between groups	2.5455	0.0126
Within groups	3.3256	

Total	5.8711	



Apêndice 4. Rosa dos ventos anual do Estado do Rio Grande do Sul. Adaptado de <http://www.semc.rs.gov.br/atlas> (Camargo et al., 2003).

Apêndice 5. Lista de espécies citadas no texto.

Amaranthaceae	Ortopapus angustifolius (Sw.) Gleason Pfafia tuberosa (Spreng.) Hitck.
Arecaceae	Butia paraguayensis (Barb. Rodr.) L.H. Bailey
Asteraceae	Acanthospermum australe (Loefl.) O. Kutze Ageratum conyzoides L. Conyza bonariensis (L.) Cronq. Elephantopus mollis H.B.K. Eupatorium cf. subhastatum Hook. et Arn. Facelis apiculata Cass. Gnaphalium spicatum Lam. Senecio sp. Vernonia flexuosa Sims Vernonia nudiflora Less. Baccharis coridifolia DC. Solidago chilensis Meyen
Caryophyllaceae	Cardionema ramosissima (Wein.)
Commelinaceae	Commelina benghalensis L.
Convolvulaceae	Evolvulus sericeus Sw.
Cyperaceae	Bulbostilis sp. Cyperus rotundus L.
Euphorbiaceae	Croton sp.
Gramineae	Andropogon lateralis Nees Aristida laevis (Nees.) Kunth Axonopus pressus (Nees) Digitaria swalleniana Henr. Elyonurus sp. Eragrostis lugens Nees Eragrostis neesii Trin Gymnopogon spicatus (Sprengel) O. Kutze Panicum gouiini E. Fourn Paspalum macrospermum Roseng., Arr. Et Iz.
Gramineae	Paspalum nicorae Parodi Paspalum notatum Flügge Paspalum stellatum H.B.K. Piptochaetium montevidense (Spreng.) Parodi
Continuação Apêndice 5. Lista de espécies citadas no texto.	
	Rynchelitrum repens (Wild.) CE Hubb.

	Schizachyrium tenerum Nees Setaria geniculata (Lam.) Beauv.
Leguminosae	Chamaecrista sp. Clitoria nana Benth. Desmodium incanum DC. Macroptilium sp. Stylozanthos leyocarpa Vog. Zornia dyphylla Benth.
Mellastomataceae	Tibouchina sp.
Mirtaceae	Cf. Blefarocalyx sp. Psidium sp
Oxalidaceae	Oxalis sp.
Rubiaceae	Borreria verticillata (L.) G.F.W. Meyer Richardia brasiliensis Gomez Richardia grandiflora (Cham & Schlecht.) J. A. & J. H. Schultes
Solanaceae	Solanum sisymbriifolium Lam.
Sterculariaceae	Waltheria douradinha St. Hil.

Apêndice 6. Códigos de táxons utilizados no texto.

Acau	<i>Acanthospermum australe</i> (Loefl.) O. Kutze
Agco	<i>Ageratum conyzoides</i> L.
Anla	<i>Andropogon lateralis</i> Nees
Arla	<i>Aristida laevis</i> (Nees.) Kunth
Axpr	<i>Axonopus pressus</i> (Nees)
Baco	<i>Baccharis coridifolia</i> DC.
Bove	<i>Borreria verticilata</i> (L.) G.F.W. Meyer
Bupa	<i>Butia paraguayensis</i> (Barb. Rodr.) L.H. Bailey
Busp	<i>Bulbostylis</i> sp.
Cara	<i>Cardionema ramosissima</i> (Wein.)
Chsp	<i>Chamaecrista</i> sp.
Clna	<i>Clitoria nana</i> Benth.
Cobe	<i>Commelina benghalensis</i> L.
Cobo	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.
Crsp	<i>Croton</i> sp.
Cyro	<i>Cyperus rotundus</i> L.
Dein	<i>Desmodium incanum</i> DC.
Disw	<i>Digitaria swalleniana</i> Henr.
Elmo	<i>Elephantopus mollis</i> H.B.K.
Elsp	<i>Elyonurus</i> sp.
Erlu	<i>Eragrostis lugens</i> Nees
Erne	<i>Eragrostis neesii</i> Trin
Eucf	<i>Eupatorium</i> cf. <i>subhastatum</i> Hook. et Arn.
Evse	<i>Evolvulus sericeus</i> Sw.
Faap	<i>Facelis apiculata</i> Cass.
Gnsp	<i>Gnaphalium spicatum</i> Lam.
Gysp	<i>Gymnopogon spicatus</i> (Sprengel) O. Kutze
Inde	Componente indeterminado
Masp	<i>Macroptilium</i> sp.
Oran	<i>Ortopapus angustifolius</i> (Sw.) Gleason
Oxsp	<i>Oxalis</i> sp.
Pago	<i>Panicum gouiini</i> E. Fourn
Pama	<i>Papofurum macrospermum</i> Roseng., Arr. Et Iz.
Pani	<i>Paspalum nicorae</i> Parodi
Pano	<i>Paspalum notatum</i> Flügge
Past	<i>Paspalum stellatum</i> H.B.K.
Pftu	<i>Pfafia tuberosa</i> (Spreng.) Hitck.
Pimo	<i>Piptochaetium montevidense</i> (Spreng.) Parodi
Pssp	<i>Psidium</i> sp + Cf. <i>Blefarocalyx</i> sp.
Ribr	<i>Richardia brasiliensis</i> Gomez
Rigr	<i>Richardia grandiflora</i> (Cham & Schlecht.) J. A. & J. H. Schultes
Ryre	<i>Rynchelitrum repens</i> (Wild.) CE Hubb.
Scte	<i>Schizachyrium tenerum</i> Nees
Sege	<i>Setaria geniculata</i> (Lam.) Beauv.
Sesp	<i>Senecio</i> sp.
Soch	<i>Solidago chilensis</i> Meyen
Sosi	<i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.
Stle	<i>Stylozanthus leyocarpa</i> Vog.
Tisp	<i>Tibouchina</i> sp.
Vefl	<i>Vernonia flexuosa</i> Sims
Venu	<i>Vernonia nudiflora</i> Less.
Wado	<i>Waltheria douradinha</i> St. Hil.
Zody	<i>Zornia dyphylla</i> Benth.

1401 00900000000000000000000000500000000
1402 008000000002000000000000500000000
1403 05800000000000000000000000300000000
1404 009000000000000000000000000000000
1405 009000000000000000000000000000000
1406 009000000000000000000000000000000
1407 009000000000000000000000000000000
1408 00900000000000000000000000300000000
1409 00900000000000000000000000300000000
1410 00900000000000000000000000300000000
1411 00900000000000000000000000330000000
1412 00900000000000000000000000000000000
1413 00900000000000000000000000000000000
1414 00900000000000000000000000000000000
1415 00950000000000000000000000000000000
1416 00950000000000000000000000000000000
1417 00900000000000000000000000000000000
1418 00900000000000000000000000000000000
1419 00900000000000000000000000000000000
1420 00900000000000000000000000000000000
2101 33900000000000000000300000000000000
2102 33900000000000000000500000030000000
2103 30900000000000000000300000000000000
2104 30900000000000000000300000000000000
2105 20900000000000000000200000000000000
2106 33900000000000000000000000000000000
2107 50900500000000000000000000000000000
2108 30900000000000000000300000000000000
2109 30900000000000000000300000000000000
2110 20900000000000000000200000000000000
2111 20900000000000000000200000000000000
2112 20900000000000000000300000000000000
2113 30900030000000000000300000000000000
2114 33803030000000000050000000000000000
2115 33800030000000000050000000000000000
2116 30900020000000000030000000000000000
2117 20900020000000000030000000000000000
2118 20900000000000000000200000000000000
2119 20922000300000000030000000000000000
2120 13800000000000000000500000000000000
2201 33900000003000000000300000000000000
2202 30903000003000000020000000000000000
2203 30800300000000000030000000000000000
2204 33700000200200003000000000000000000
2205 55720000000000000050000000000000000
2206 23500000000000000000700000000000000
2207 23800000000000000000500000000000000
2208 33300200000000000000700000000000000
2209 33700000000000000000700000000000000
2210 35700003300000000070000000000000000
2211 33700000000000000000700000000000000
2212 35500000000000000000700000000000000
2213 30900020000000000050000000000000000
2214 35700030300200007000000000000000000
2215 35800030000000000070000000000000000
2216 20900000000000000000300000000000000
2217 20900020000000000030000000000000000
2218 32803320000000000030000000000000000
2219 35802020002000000030000000000000000
2220 30800030000000000030000000000000000
2301 53900000000000000000300000000000000
2302 33900000000000000000300000000000000
2303 22900000000000000000200000000000000
2304 00900000000000000000000000000000000
2305 00900000000000000000000000000000000
2306 02900000000000000000200000000000000
2307 03900000000000000000300000000000000
2308 53900000000000000000300000000000000
2309 53900020000000000030000000000000000
2310 20900000000000000000000000000000000
2311 20900000000000000000000000000000000
2312 50800000000000000000300000000000000
2313 33500002000000005000000000000000000
2314 53500002000000008000000000000000000
2315 50800002000000008000000000000000000

23163350200230000000800000000000
231733703000000000005000000300000
23185370003300000000500000000000
23195070033030000000700000000000
23203370002030000000700000000000
24010070000000000000000000000000
24020070000000000000000000000000
24030080000000000000000000000000
24040090000000000000000000000000
24050090000000000000000000000000
24060090000000000000000000000000
24070090000000000000000000000000
24080080000000000000000000000000
24090090000000000000000000000000
24100090000000000000000000000000
24110090000000000000000000000000
24120090000000000000000000000000
24130090000000000000000000000000
24140090000000000000000000000000
24150090000000000000000000000000
24160090000000000000000000000000
24170090000000000000000000000000
24180090000000000000000000000000
24190090000000000000000000000000
24200090000000000000000000000000
31012390000000000000200000000000
31022280000000000000200000200000
31032090000000000000200000000000
31042290000000000000200000000000
31050090000000000000200000000000
31062390000000000000000000000000
31072080050000000000200000000000
3108209000000000000000200000000000
3109209000000000000000200000000000
31102090020000000000000000000000
3111209000000000000000200000000000
3112209000000000000000200000000000
3113309000000000000000300000000000
31142380202020000000300000000000
31153370003000000000500000000000
31165090002000000000300000002000
31170090002020000000200000000000
31182090000200000002000000000000
31192090002020000000200000000000
31200390000020000000320000000000
32012090000000200000200000000000
32023090000000200000200000000000
32033090022000000000200000000000
32042270002020030000000000002200
32053392000000000000500000000000
32062550000000020000700000000000
32072382000000000000500000000000
32085532000000000000500000000000
32095330000000000000500000000000
32102350000220000000500000000000
321123700000000220003000000000200
32122550000020000000700000002000
321320900020010000002000000021010
32142570002020030000500000002000
32152570002000020000500000000000
32163090002000000000210000001000
321720900020000000002000000010100
32182390022000000000200000000000
32192390202000200000200000000000
32202090002000000000200000000000
33012290000000000000200000000000
33022290000000000000200000000000
33032290000000000000200000000000
33040090000000000000000000000000
33050090000000000000000000000000
33060090000000000000000000000000
33070290000000000000020000000000
33082190000000000000200000000000
33092190000000000000200000000000
33100090000000000000000000000000

3 116 1 90 2 2 2 0 2 2 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 2 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0 2 2 0 0 0 0
 3 117 0 9 2 0 2 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 118 1 9 2 2 2 0 2 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 119 1 8 3 2 2 0 2 0
 3 120 1 9 2 2 0 2 2 0
 3 201 0 9 0
 3 202 0 9 0
 3 203 0 9 5 0
 3 204 0 8 5 2 0
 3 205 2 5 5 0
 3 206 0 9 5 0 0 0 2 0
 3 207 1 8 5 2 0 2 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 208 1 9 2 2 0 2 0
 3 209 0 9 2 0
 3 210 0 9 0
 3 211 0 9 5 0 5 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 212 2 8 5 2 0 7 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 1
 3 213 2 8 3 2 0 0 0 0 2 0 5 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1
 3 214 0 8 3 2 0 0 0 0 2 2 0 1
 3 215 2 9 2 2 0 2
 3 216 2 8 5 0 0 0 0 0 2 0 5 0 0 3 0 0 0 0 2 0 0 2 0 0
 3 217 0 5 8 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 3 0 0 0 0
 3 218 3 5 7 0
 3 219 0 5 7 2 0 0 2 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 3 220 0 8 7 2 0 0 0 0 2 0 2
 3 301 0 9 0
 3 302 0 9 2 0 0 0 2 0 0 2 0
 3 303 0 9 2 0 0 0 2 0 0 2 0
 3 304 0 9 0
 3 305 0 9 2 0 0 0 2 0
 3 306 0 9 2 0 0 0 2 0
 3 307 0 9 2 0
 3 308 0 9 3 0
 3 309 0 9 3 0 0 0 0 0 0 2 0
 3 310 0 9 2 0 0 0 0 0 0 2 0
 3 311 0 9 0
 3 312 0 9 0
 3 313 0 9 0
 3 314 0 9 0
 3 315 0 9 0
 3 316 0 9 0
 3 317 0 9 0 0 3 0
 3 318 0 9 2 0 3 0 0 0 0 1 0
 3 319 0 9 2 0 3 0
 3 320 0 9 2 0 2 0

Sesp Suex Mamo Ryre Pago Scmi Arla Axpr Busp Pani Inde Cosp Inde Sysp Arsp Inde Bove Inde Ptal Vefl Cara Lusp Baco
 Inde Past Cose Eusp Pama Disw Cyro Agco Pasa Gnsp Rigr Wado Ersp Crsp Faap

8. VITA

José Pedro Pereira Trindade, filho de Verano Escobal Trindade e Graciolina Dornelles Pereira, naturais de Manoel Viana, RS, nasceu em 24 de fevereiro de 1972, na cidade de São Francisco de Assis, Rio Grande do Sul.

O primário estudou na Escola Municipal Salgado Filho, ginásio na Escola Estadual Rui Ramos, concluindo o segundo grau na Escola Agrotécnica Federal de Alegrete. Em 1991, ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, graduando-se como Engenheiro Agrônomo em 1996. De 1991 a 1993 atuou como bolsista de iniciação científica no Horto Florestal e de 1993 a 1997 como bolsista de iniciação científica no Departamento de Zootecnia, Setor de Plantas Forrageiras da Universidade Federal de Santa Maria.

Em março de 1997, iniciou seu curso de Mestrado em Zootecnia, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Marta Gomes da Rocha, tendo defendido sua dissertação em 23 de fevereiro de 1999.

Casou-se com Alexsandra Paz Trindade, em 1996 e tem uma filha chamada Eduarda, nascida em Santa Maria, em 2000.