

FATORES DE AMBIENTE RELACIONADOS À VARIAÇÃO DA VEGETAÇÃO DE UM CAMPO NATURAL¹

VALÉRIO DE P. PILLAR², AINO V. A. JACQUES³ e ILSI I. BOLDRINI⁴

RESUMO - Neste trabalho estudam-se as relações entre estrutura da vegetação e fatores de ambiente. Em 30 ha de campo, 60 quadrados de 0,25 m², locados ao longo de gradientes topográficos a cada mudança notada na vegetação, foram avaliados quanto a fatores de ambiente e abundância-cobertura de espécies. Através de técnicas de classificação e ordenação foram identificados tipos de comunidades e grupos de espécies. O tipo de comunidade *Eleocharis-Centella* ocorre em campo uliginoso; *Desmodium-Axonopus-Paspalum* e *Baccharis-Andropogon* ocorrem em umidade intermediária, e *Facelis-Paspalum*, *Eryngium* e *Aristida-Borreria-Paspalum*, em locais mais secos. As análises foram complementadas pelo estudo de perfis de dispersão de espécies e grupos de espécies em relação a variáveis de ambiente. Foram elaboradas hipóteses de sucessão decorrente de variação de ambiente, com base nos resultados.

Termos para indexação: estrutura da vegetação, gradientes topográficos, espécies de pastagens, tipos de comunidades.

ENVIRONMENTAL FACTORS RELATED TO THE VEGETATIONAL VARIATION OF A NATURAL GRASSLAND

ABSTRACT - In this work the relationships between vegetation structure and environmental factors were studied. In a 30-ha natural grassland, 60 quadrats (0,25 m²) located on topographic gradients at each change in vegetation were evaluated in terms of environmental factors and cover-abundance of species. Identification of community and species groups were done by using classification and ordination techniques. The community type *Eleocharis-Centella* occurs at lower and moister sites, *Desmodium-Axonopus-Paspalum* and *Baccharis-Andropogon* occur at medium moisture, and *Facelis-Paspalum*, *Eryngium* and *Aristida-Borreria-Paspalum* occur at dryer sites. In addition, dispersion profiles of species in relation to environmental factors were analysed. Hypotheses on vegetation succession due to changes in the environmental conditions were generated.

Index terms: vegetation structure, topographic gradients, species of pastures, pasture communities.

INTRODUÇÃO

O esforço de pesquisa buscando incrementar a produtividade de pastagens naturais pode ser largamente facilitado por estudos prévios de ecologia de vegetação. Técnicas de melhoramento, tais como manejo do pastoreio e fertili-

zação, devem ser direcionadas para beneficiar o desenvolvimento de comunidades vegetais desejáveis do ponto de vista forrageiro, e eliminar as indesejáveis. Para tanto, devem ser conhecidas as condições de ambiente relacionadas ao desenvolvimento dessas comunidades vegetais, o que pode ser obtido tanto através de levantamentos como de experimentos. A última opção tem sido a dominante no Brasil. No entanto, estudos exploratórios com base em levantamentos podem gerar informações mais rapidamente e com menor custo.

A compreensão do ponto de vista aplicado das relações entre vegetação e ambiente em uma pastagem natural pode ser muito bem fundamentada teórica e metodologicamente em

¹ Aceito para publicação em 17 de dezembro de 1991.

² Eng.-Agr., M. Sc., em Pós-Graduação (Doutorado) na University of Western Ontario, London, Canada N6A 5B7. Bolsista do CNPq.

³ Eng.-Agr., Ph.D., Prof.-Titular, Dep. Fitot. Fac. Agron., UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90001, Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq.

⁴ Bióloga, M.Sc., Profa.-Adjunta, Dep. Botânica, UFRGS, Av. Paulo Gama s/nº, CEP 90040, Porto Alegre, RS.

clássicos da ecologia de vegetação (Braun-Blanquet 1979, Clements 1963, Tansley 1920, 1935, Gleason 1926), e, mais recentemente, apoiada nos métodos de análise multivariada (Maarel 1969, Pritchard & Anderson 1971, Anderson 1971, Kershaw 1973, Dale 1975, Orloci & Kenkel 1985). Há diferentes abordagens teóricas a respeito da natureza da comunidade vegetal, o que influi nos objetivos e métodos de pesquisa de campo e análise de dados. A abordagem de Braun-Blanquet (1979), aqui adotada, conceitua fitocenose ou comunidade vegetal como uma população concreta de plantas influenciando-se mutuamente, em equilíbrio quanto ao número de espécies, composição florística e número de indivíduos, em um ambiente mais ou menos homogêneo (Westhoff 1951 citado por Becking 1957). Mueller-Dombois & Ellemberg (1974) assinalam que combinações relativamente similares de espécies reaparecem sob condições de habitat similares, mesmo que bastante separadas geograficamente.

A recorrência de combinações de espécies está obviamente relacionada ao habitat, e uma alteração deste será refletida no devido tempo pela fitocenose (Mueller-Dombois & Ellemberg 1974, Becking 1957). Porém, a distribuição de uma espécie não depende só da disponibilidade ótima de fatores abióticos para o seu crescimento (Braun-Blanquet 1979). Os efeitos adversos de outras plantas, incluindo a competição, frequentemente excluem uma espécie de sítios, os quais, não fosse a competição, poderiam prover ótimas condições para o desenvolvimento dessa espécie (Goodal 1963). Na vegetação, há, portanto, uma mistura de variação ambiental determinada, com variação probabilística devida a fatores bióticos e casuais (Dale & Webb 1975).

Com respeito à vegetação campestre do sul do Brasil, são escassos os levantamentos fitosociológicos que objetivaram relacionar vegetação e ambiente, sendo mais numerosos os trabalhos experimentais avaliando efeito de tratamento sobre a vegetação, porém nem sempre conduzidos por um tempo suficientemente longo para que se estabeleça uma situação de

equilíbrio para as novas condições de ambiente introduzidas. Em levantamento de um campo pastejado, em Montenegro, RS, Bueno et al. (1979) observaram a existência de comunidades vegetais características de campo seco, úmido e bem úmido; a presença de espécies características para cada ambiente e espécies comuns às três comunidades. Em levantamento de pastagens antropogênicas da região do vale do Itajaí e litoral norte de Santa Catarina, foi observada maior frequência de ocorrência de ciperáceas em pastagens com pH mais ácido e menores teores de P e K no solo (Pillar & Tcacenco 1987). Rosengurt (1943) descreve a estrutura da vegetação em campos de Palleros, na região nordeste do Uruguai, distinguindo tipos de campos segundo condições de solo e pastoreio. Em Barreto & Kappel (1967) são indicadas as preferências ecológicas das principais espécies de gramíneas e leguminosas ocorrentes nos campos do Rio Grande do Sul. Existem estudos semelhantes a esse sobre a flora dos campos do Uruguai (Rosengurt 1943, 1946 e 1979).

Este estudo exploratório, com base em levantamento, objetivou descobrir fatores de ambiente relacionados à variação da vegetação de um campo natural e identificar hipóteses a respeito de possíveis respostas da vegetação a alterações desses fatores de ambiente. Do ponto de vista metodológico, buscou-se avaliar a aplicabilidade de técnicas de análise multivariada a estudos desta natureza.

MATERIAL E MÉTODOS

Levantamento de campo

O levantamento foi conduzido em aproximadamente 30 ha de campo da Estação Experimental Agrônoma (E.E.A.) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Guaíba, RS, situada a uma altitude média de 46 m, a 30°05' de latitude Sul e 51°13' de longitude Oeste, na região fisiográfica denominada Depressão Central.

O clima é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen (Moreno 1961), com precipitação anual média de 1322 mm e temperatura média de 19,3°. O solo no topo e na encosta das coxilhas faz parte da série São Jerônimo, e é classificado como Latossolo Verme-

lho-Amarelo; e nas depressões formadas entre as coxilhas (campo uliginoso), faz parte da série Banhados, classificado como solo hidromórfico em processo de podzolização (Mello et al. 1966).

Na região predomina o campo limpo e seco, ocorrendo mata de galeria ao longo dos cursos d'água e nas baixadas (Rambo 1956). Provavelmente, campo limpo é resultado de pastoreio intenso por herbívoros e de ação do fogo (Araujo 1948). A vegetação clímax poderia ser inferida a partir de observações em áreas excluídas por longo tempo na E. E. A., que resultaram em uma vegetação arbustiva associada a gramíneas cespitosas e macegosas. A área estudada esteve submetida por muitos anos a pastoreio contínuo de bovinos, eqüinos e ovinos, com lotação aproximada de 0,5 u.a./ha, mais ou menos fixa ao longo do ano, com eventuais roçadas e, no passado, há mais de 15 anos, com uso de fogo. Pela informação disponível, a área nunca foi fertilizada nem sofreu mobilização mecânica de solo.

As unidades usadas para descrever a vegetação foram quadrados de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m). Optou-se por esse tamanho com base nos trabalhos de Pott (1974) e Boldrini & Miotto (1987), realizados em vegetação semelhante. Os quadrados foram locados na pastagem ao longo de gradientes de relevo. A cada mudança notada na vegetação, uma parcela homogênea e representativa da comunidade foi escolhida para localizar o quadrado (Braun-Blanquet 1979). A opção pela amostragem preferencial foi apropriada aos propósitos descritivos e exploratórios deste trabalho (Gauch Junior 1975). Se fosse usada uma amostragem casualizada ou sistemática, o número de quadrados deveria ser bem maior para que condições de ambiente extremas, geralmente raras, fossem representadas na amostra; além disso, seria descrita uma vegetação heterogênea dentro do quadrado. Assim, foi marcado um total de 60 quadrados, ao longo de quatro gradientes de relevo.

O levantamento da vegetação foi realizado na primavera de 1986. Em cada quadrado foi avaliada por estimativa visual a abundância-cobertura de todas as espécies vasculares presentes, usando-se a escala de Braun-Blanquet (1979). Foi encontrado um total de 165 espécies.

As variáveis de ambiente foram medidas em cada quadrado de descrição da vegetação. De cada quadrado, usando um trado de rosca, foi coletada uma amostra de solo da camada em que predominam as raízes (0-15 cm), para análise química, de textura e de umidade. A análise química (macro e micronutrientes) e de textura foi realizada usando os métodos de rotina

da ROLAS (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo-RS/SC), descritos em Tedesco et al. (1985) e Siqueira (1987). Adicionalmente à determinação de umidade gravimétrica, em cada quadrado foi obtida uma estimativa visual e tátil da condição de umidade do solo, usando a seguinte escala: 1. muito seco; 2. seco; 3. úmido; 4. muito úmido; 5. lâmina d'água. Foi anotada a posição do quadrado no relevo, dentro das seguintes classes: 1. topo; 2. convexo (encosta superior); 3. côncavo (encosta inferior); 4. campo uliginoso. Cada quadrado foi avaliado quanto à intensidade de uso pelo animal, sendo classificado em: 1. pastejado; 2. rejeitado.

Tratamento dos dados

Para a análise dos dados foram usados os programas de Orloci & Kenkel (1985), em linguagem BASIC. Inicialmente, os dados de abundância-cobertura foram transformados para a escala de Maarel (1979), que atribui valores numéricos de 0 a 9 aos símbolos da escala de Braun-Blanquet. Através de análise de conglomerados aplicada aos dados de abundância-cobertura, obteve-se uma classificação de quadrados e uma classificação das 60 espécies mais importantes. Foram considerados oito grupos de quadrados e onze grupos de espécies. Os grupos de quadrados foram interpretados como tipos de comunidades, denominados pelas espécies de maior presença.

A Tabela 1 mostra as linhas e colunas da tabela original rearranjadas segundo os grupos formados, evidenciando uma estrutura de blocos. A abundância-cobertura das espécies de mesmo grupo foi somada dentro de cada grupo de quadrados, gerando a Tabela 2. Após ajustamento pelo tamanho do bloco, essa tabela de contingência foi submetida a análise de concentração (Feoli & Orloci 1979). Essa análise, que é um tipo de ordenação similar à análise de componentes principais (Hill 1974), consiste em redescrever a variação dos dados em um menor número de dimensões, facilitando a sua interpretação. Assim, através dessa análise foram extraídas seis variáveis canônicas, como indicado na Tabela 3. As primeiras três variáveis canônicas, que explicam cerca de 81% do qui-quadrado total da tabela de contingência, foram usadas para construir os diagramas de dispersão apresentados na Fig. 1. Os diagramas foram construídos usando os escores canônicos para colunas (grupos de quadrados) e para linhas (grupos de espécies), indicados na Tabela 4. Assim, nos diagramas é possível observar a correspondência entre grupos de espécies e tipos de comunidades.

TABELA 1. Continuação.

		QUADRADOS																												
C	FAM. ESPÉCIE	024225344300110050333553440221540041121351232135351224415546	117244289445798719568239052085623611266070377815303594648930	GRUPOS																										
R																														
U																														
P		111111111122222233444444555555666666667777777788888888888																												
f	OXAL Oxalis lasiopetala	21	2	2	212	21	2	12	1	11	23	31	21																	
g	COMP Facelis retusa	23221233335335217121	2	1	11	1	332	1	2	21	1																			
g	GRAM Paspalum notatum	88957888858878789	3575753523	3525733758852372	3255	2																								
g	IRID Syzyrinchium sp.	23212523552252	33	1	1	1	232	11	2	2																				
g	PLAN Plantago sp.	12	22	152	2	13	2	2	11	22	1																			
g	COMP Soliva pterosperma	22	52	1225129532																										
h	COMP Chaptalia runcinata	1	212	12	1	1	2	1	11	11	11	2	2	1																
h	SCRO Mecardonia montevidensis	12	2	11	1	1	1	212	1	1	1	2																		
h	COMP Chevreulia sarmentosa	2222532	1	2	2132	3	2	1	2																					
h	RUBI Richardia humistrata	112	8222553	2133	22	12	221	2112	2	2																				
h	COMP Senecio pinnatus	2	5	2	2	22	22																							
h	GRAM Paspalum plicatulum	3	2	2	1	71	23332	1	1	12	2																			
i	COMP Chaptalia piloselloid 3	221	11																											
i	GRAM Andropogon selloanus	1	2	333																										
i	RUBI Borreria eryngioides	12	1	11	1	22122	3221	1	22																					
i	GRAM Aristida filifolia	22312273	3	2	12	215323555	5	32312	3533																					
i	GRAM Piptochaetium panicoides	2	5553	1	552333																									
i	RUBI Borreria fastigiata	3	3	5752	1	1	2	2																						
i	GRAM Eragrostis neesii	2352	1	2	1	2	1	232	1	3	2	22																		
j	GRAM Briza subaristata	1	21	2	2	1	2	1	2	5221																				
j	GRAM Schizachyrium microsta	3	222	1	33	1	2	3																						
j	LEGU Galactia gracillima	1	1121	1	2	1	2	1	2	1																				
j	GRAM Trachypogon montufari	1	2	2	2215	235	2																							
j	LYTH Cuphea calophylla	11	21																											
j	LEGU Stylosanthes leiocarpal	1	1	2222	1	2	21																							
k	CYPE Eleocharis glauco-vire	2	77777	5533																										
k	GRAM Paspalum pumilum	22	1	527	283																									
k	CYPE Rhynchospora tenuis	2	2	2	3522																									
k	UMBE Centella biflora	9	2	32	2	2	5353353127																							
k	CYPE Rhynchospora Barrosiana	2	1	2	252	3	52	327																						
k	GRAM Axonopus affinis	22	27	25.22	2	2	251	28779553	5	2	2	2533	55532																	
k	RUBI Relbunium hirtum	3	5	213	353																									

Pesq. agropec. bras., Brasília, 27(8):1089-1101, ago. 1992

FATORES DE AMBIENTE

TABELA 2. Somatório da abundância-cobertura das espécies de mesmo grupo em cada um dos grupos de quadrados, com base na Tabela 1.

Grupos de espécies	Grupos de quadrados							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a	1	0	1	2	6	5	57	0
b	14	6	0	14	113	82	62	40
c	98	23	12	15	40	95	60	2
d	40	17	4	12	36	21	42	1
e	104	77	39	61	24	38	39	3
f	38	10	15	17	9	13	42	2
g	153	132	13	45	19	76	41	7
h	70	22	7	45	10	28	20	0
i	73	14	9	107	14	6	30	0
j	5	3	0	44	10	3	38	3
k	17	11	0	13	20	80	6	198

TABELA 3. Variáveis canônicas extraídas na análise de concentração da Tabela 2.

Variável canônica	Coefic. correl. canônica	Qui-quadrado	% acumulado qui-quadr. total
1	.652	1209.2	43.4
2	.496	700.2	68.6
3	.357	362.0	81.6
4	.315	283.1	91.7
5	.246	172.2	97.9
6	.143	58.5	100.0
Total		2785.4	

Grupos extremos podem causar distorção na ordenação. Por esse motivo, uma análise também foi realizada a partir da Tabela 2 após eliminação do grupo 8 (*Eleocharis-Centella*), sendo extraídas seis variáveis canônicas, indicadas na Tabela 5. Os diagramas de dispersão construídos com as primeiras três variáveis canônicas, que explicam 83% do qui-quadrado, são mostrados na Fig. 2. As variáveis canônicas mais importantes foram então interpretadas em relação a variáveis de ambiente, usando correlação simples. Para tanto, coeficientes de correlação simples foram calculados usando escores canônicos e médias de fatores de ambiente de grupos de quadrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos dados florísticos foi evidenciada a existência de uma variação espacial na vegetação, fato já considerado na própria escolha dos locais dos quadrados. A estrutura da vegetação foi redescrita sinteticamente, sendo identificados tipos de comunidades, grupos de espécies e os principais componentes de variação da vegetação. A questão aqui colocada é tentar descobrir quais fatores de ambiente estariam associados a essa estrutura identificada na vegetação.

Em cada quadrado de inventário foram avaliadas 21 variáveis de ambiente, com resultados resumidos na Tabela 6. Nos gradientes topográficos estudados apresentam-se diferentes tipos de solo (Mello et al. 1966), refletindo-se na variação observada nos fatores de solo avaliados. Com base em interpretação existente para as principais plantas cultivadas na região (Siqueira 1987), pode-se inferir o grau de variação das condições de nutrição a que está submetida a vegetação estudada. Para pH em água, os valores (4 a 5,2) são considerados de "muito baixo" a "baixo". Os teores de P extraível (1,2 a 7,3

ppm, com mediana de 2,2 ppm) são "limitantes" a "muito baixos", levando-se em conta a classe textural do solo, e apenas um quadrado apresentou teor mais elevado (7,3 ppm), ainda considerado "baixo". K trocável variou de "muito baixo" (nos quadrados de campo uliginoso) a "alto", com a mediana (84 ppm) situando-se na faixa do "suficiente". Os teores de matéria orgânica (2,5 a 5,3%) são considerados "médios", com tendência a serem maiores nos quadrados de campo uliginoso. O Ca trocável (0,4 a 2,8 meq/dl) variou de "baixo" a "médio" com a mediana (1,3 meq/dl) situando-se na faixa "baixo". Mg trocável (0,1 a 2 meq/dl) variou de "baixo" a "alto", com a mediana (1 meq/dl) na faixa "médio". Os teores mais baixos de Ca e Mg ocorreram nos quadrados de campo uliginoso. Os teores de S (7,1 a 42,3 ppm), Zn (0,7 a

4 ppm) e Cu (0,7 a 0,3 ppm) são considerados "altos". Os teores de B (0,2 a 0,9 ppm) variaram de "médios" a "altos", estando a mediana (0,4 ppm) na faixa "alto". A quantidade de Al trocável, expressada em porcentagem de saturação da CTC, variou de 0 a 63%, com mediana de 24%, o que indicaria uma possível resposta da vegetação, já que para plantas cultivadas é prejudicial uma saturação com Al acima de 40% da CTC (Primavesi 1982).

Quanto aos fatores de solo, os limites de que é considerado "baixo" ou "alto" depende da espécie ou grupo de espécies em consideração, e provavelmente seriam diferentes para as espécies ocorrentes na vegetação estudada. O fato de existir na área uma variação nos fatores de solo, que em alguns casos seria até suficiente para uma diferenciação no desenvolvimento de plantas cultivadas, permite conjecturar uma resposta da vegetação. Essa resposta seria resultado de um longo processo de seleção, em que permaneceram as espécies melhor adaptadas às condições ali impostas.

Na Tabela 7 estão indicadas as médias das variáveis de ambiente em cada um dos 8 grupos quadrados identificados no estudo da estrutura da vegetação. A correlação entre esses valores e as variáveis canônicas geradas na análise de concentração pode identificar os fatores de ambiente que estariam associadas à estrutura da vegetação. A correlação foi feita entre fatores de ambiente (média em cada grupo) e as variáveis canônicas mais relevantes geradas na análise de concentração da Tabela 2 (escores canônicos de grupos de quadrados mostrados na Tabela 4), sendo os coeficientes de correlação (r) mais altos indicados na mesma Tabela 7. Neste caso, o teste t deve ser considerado com reservas, porque são variáveis medidas em condições de não casualização. Coeficientes altos de correlação foram interpretados como indicativos

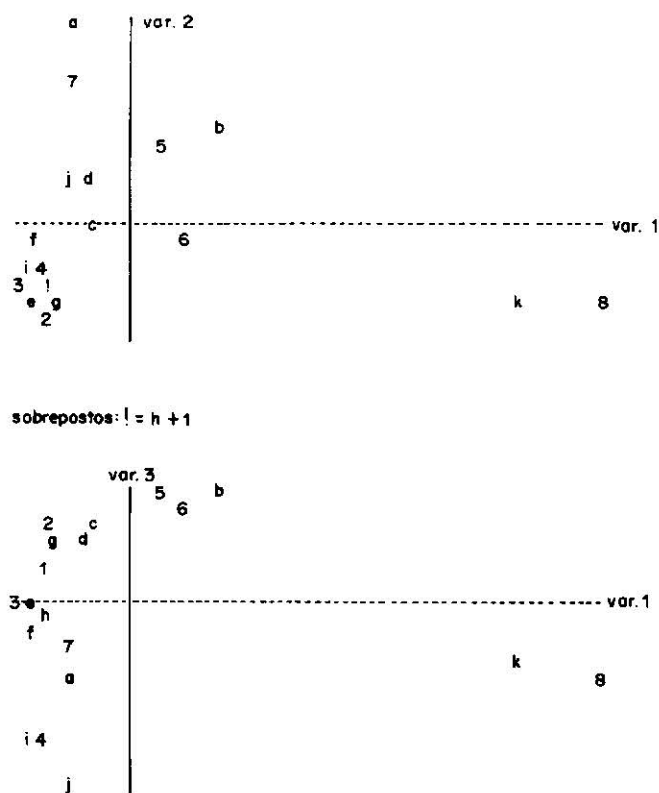


FIG. 1. Dispersão das três principais variáveis canônicas geradas na análise de concentração da Tabela 2. Os pontos estão identificados pelos respectivos grupos de quadrados (1-8) ou de espécies (a-k).

TABELA 4. Escores canônicos para os grupos de quadrados e grupos de espécies da Tabela 2, nas três variáveis canônicas mais relevantes.

Variável canônica	Escores canônicos de grupos de quadrados								
	1	-.46	-.46	-.72	-.49	-.39	.58	-.30	3.73
2	-.71	-1.10	-.64	-.46	1.08	.01	1.80	-.83	
3	.32	.81	-.17	-1.80	1.26	.98	-.75	-1.14	

	Escores canônicos de grupos de espécies										
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k
1	-.30	.83	-.14	-.17	-.60	-.55	-.39	-.49	-.64	-.32	3.15
2	2.75	1.24	.17	.63	-.78	-.03	-.87	-.58	-.50	.80	-.81
3	-1.12	1.33	.89	.73	-.05	-.45	.68	-.40	-1.84	-2.42	-.86

TABELA 5. Variáveis canônicas extraídas na análise de concentração da Tabela 2 excluindo *Eleocharis-Centella* (grupo 8).

Variável canônica	Cofic. correl. canônica	Qui-quadrado	% acumulado qui-quadr. total
1	.516	688.4	40.6
2	.416	448.3	67.0
3	.327	276.7	83.3
4	.250	161.1	92.8
5	.188	91.8	98.2
6	.110	31.1	100.0
Total		1697.4	

de alguma associação, porém não de forma absoluta. Parece ser aqui aplicável a observação, parafraseando Weisberg (1980, p.62), de que o verdadeiro teste de significância é a repetição do levantamento.

Interpretando-se as correlações com fatores de ambiente mostradas na Tabela 7, pode-se dizer que a variação da vegetação expressa na

primeira variável canônica, que explica 43% dessa variação (Tabela 3 e Fig. 1), está associada principalmente a posição no relevo e umidade do solo, além de vários outros fatores, como matéria orgânica e teores de Cu, Fe e Mg, decorrentes dos primeiros. Pode-se considerar que a primeira variável canônica é explicada por um complexo de fatores vinculados a posição no relevo e umidade do solo. Nessa variável canônica há nítida separação de *Eleocharis-Centella* (grupo 8), um tipo de comunidade característico de campo uliginoso. *Desmodium-Axonopus-Paspalum* (6) está em posição intermediária quanto à umidade, ocorrendo nas pequenas depressões do microrrelevo do topo das coxilhas, ou na transição com o campo uliginoso. Quanto a *Baccharis-Andropogon* (5) e *Eryngium* (7), os dados ainda não são tão evidentes para uma interpretação em relação ao complexo posição no relevo-umidade. Os demais tipos de comunidades ocorrem nos locais mais secos. A segunda variável canônica provavelmente está associada ao fator intensidade de uso animal; no diagrama superior da Fig. 1 observa-se que *Eryngium*

e *Baccharis-Andropogon* (grupos 5 e 7) estão colocados na parte superior e são as comunidades mais rejeitadas no pastoreio. A variação da vegetação expressada pela terceira variável canônica provavelmente está associada a teores de Al e pH. No diagrama inferior da Fig. 1, *Eleocharis-Centella* e *Aristida-Borreria-Paspalum* (grupos 8 e 4) posicionam-se na parte inferior do diagrama e coincidem em ocorrerem em lo-

cais com maior saturação de Al no solo e pH mais baixo.

As variáveis canônicas geradas na análise sem *Eleocharis-Centella* (Tabela 5 e Fig. 2) também foram estudadas em relação a fatores de ambiente. Na mesma Tabela 7 estão indicadas as correlações das variáveis canônicas com os fatores de ambiente. A primeira variável canônica está associada ao fator intensidade de

uso animal, já que a eliminação de *Eleocharis-Centella* fez com que se alterasse a direção da principal variação da vegetação. O complexo de fatores ligados à umidade do solo passou a ser o fator correlacionado com a segunda variável canônica. A terceira variável canônica (vide diagrama inferior da Fig. 2) reflete provavelmente uma variação da vegetação associada a pH, Al, K, Ca e S no solo.

Desmodium - Axonopus - Paspalum (6) e *Baccharis-Andropogon* (5) estão colocados na parte superior do diagrama superior da Fig. 2, provavelmente associados a condições de maior umidade, enquanto *Facelis-Paspalum* (123), *Aristida-Borreria-Paspalum* (4) e *Eryngium* (7) estão colocados mais baixo no referido diagrama, provavelmente associados a condições de solo mais seco. Ainda no mesmo diagrama, os tipos 5 e 7 colocados à direita são os mais rejeitados no pastejo. Uma hipótese relativa à sucessão provocada pelo pastejo diferenciado pode ser elaborada a partir dessa observação, ou seja, em condições de menor pressão de pastejo, as comunidades do tipo *Desmodium - Axonopus - Paspalum* tenderiam a evoluir para *Baccharis-Andropogon*, enquanto as do tipo *Facelis-Paspalum* tenderiam a evoluir para *Eryngium*. Segundo Mueller-Dombois & ElleMBERG (1974), hipóteses sucessionais desse tipo são

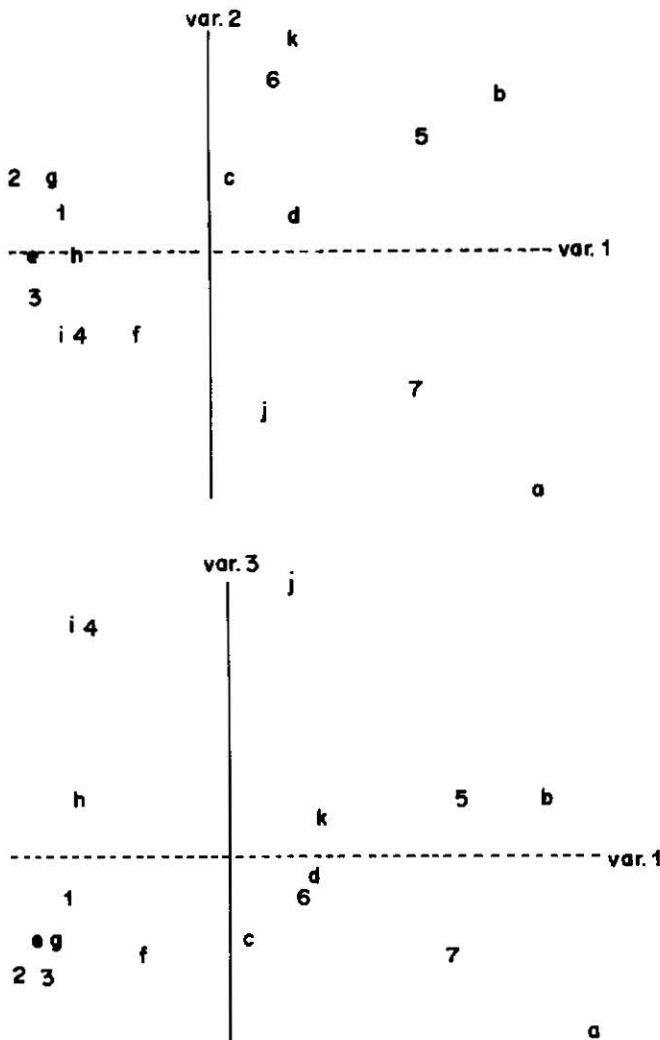


FIG. 2. Dispersão das três principais variáveis canônicas geradas na análise de concentração da Tabela 2, excluindo-se o grupo 8 (*Eleocharis-Centella*). Os pontos estão identificados pelos respectivos grupos de quadrados (1-7) ou de espécies (a-k).

TABELA 6. Amplitudes, médias e medianas das variáveis ambientais em 60 quadrados de intervalo de vegetação.

Variáveis	Min.	Max.	Média	Mediana
Argila (%)	12	36	23	23
pH	4	5.2	4.6	4.6
pH (índice SMP)	4,9	6.3	5.8	5.8
P (ppm)	1.2	7.3	2.3	2.2
K (ppm)	34	174	93	84
Mat. Org. (%)	2.5	5.3	3.2	3.0
Al (me/dl)	0	2.7	1.2	1.0
Al/CTC (%)	0	63	25	24
Ca (me/dl)	.4	2.8	1.4	1.3
Mg (me/dl)	.1	2	.9	1.0
CTC (me/dl)	2.7	6.9	4.8	4.7
S (ppm)	7.1	42.3	16.8	15.5
Zn (ppm)	.7	4	1.8	1.6
Cu (ppm)	.7	3	1.3	1.2
B (ppm)	.2	.9	.4	.4
Mn (ppm)	13	314	58	45
Fe (%)	.04	.31	.12	.09
Umid. solo (%)	6.1	57.4	14.8	11.5
Condição umidade	1	5	2.2	2
Posição relevo	1	4	2.1	2
Uso	1	2	1.4	1

válidas, desde que os demais fatores de ambiente não determinantes da sucessão sejam constantes no espaço considerado. Por esse motivo, não se incluí nessa hipótese a evolução de *Aristida-Borreria-Paspalum* para *Eryngium*, porque ocorrem em posições opostas no tocante a teores de Al e bases trocáveis, como pode ser observado na terceira variável canônica no diagrama inferior da Fig. 2. Seria plausível considerar a hipótese de que, graças a uma melhoria de fertilidade e supondo constantes os demais fatores, as comunidades de *Aristida-Borreria-Paspalum* tenderiam a evoluir para uma composição florística do tipo *Facelis-Paspalum*. Outra hipótese a ser também considerada é que, em face de uma modificação das condições de umidade, decorrente de um período de anos chuvosos, por exemplo, algumas comunidades de *Facelis-Paspalum* poderiam evoluir para *Desmodium-Axonopus-Paspalum*.

CONCLUSÕES

1. Alguns fatores de ambiente avaliados explicam a variação da vegetação. O principal componente de variação da vegetação está associado ao complexo de fatores vinculados à posição no relevo e umidade do solo. *Eleocharis-Centella* é típico de campo uliginoso, *Desmodium-Axonopus-Paspalum* e *Baccharis-Andropogon* ocorrem em umidade intermediária, enquanto *Facelis-Paspalum*, *Eryngium* e *Aristida-Borreria-Paspalum* ocorrem em locais mais secos. O fator intensidade de pastejo está associado às diferenças florísticas de *Baccharis-Andropogon* e *Eryngium* em relação aos demais tipos de comunidades. O tipo de comunidade *Aristida-Borreria-Paspalum* ocorre em locais de pior fertilidade, indicada por baixo pH, teores altos de Al e baixos de bases trocáveis.

2. Com base nos fatores de ambiente que explicam a variação espacial da vegetação, identificados através da correlação com os componentes de variação da vegetação, podem ser consideradas as seguintes hipóteses a respeito da evolução temporal da vegetação, em decorrência de modificações de ambiente:

a) Em condições de menor pressão de pastejo, as comunidades do tipo *Desmodium-Axonopus-Paspalum* evoluiriam para *Baccharis-Andropogon*, enquanto as do tipo *Facelis-Paspalum* evoluiriam para *Eryngium*.

b) Como resultado de melhoria de fertilidade e supondo constantes os demais fatores, as comunidades de *Aristida-Borreria-Paspalum* tenderiam a evoluir para uma composição florística do tipo *Facelis-Paspalum*.

c) A modificação das condições de umidade, decorrente de um período de anos chuvosos, por exemplo, pode determinar que comunidades de *Facelis-Paspalum* evoluam para *Desmodium-Axonopus-Paspalum*.

3. A metodologia de análise usada foi adequada para a exploração dos dados, sendo um instrumento eficiente para evidenciar e redescrever a estrutura da vegetação e identificar os prováveis fatores de ambiente associados. As hipóteses elaboradas a partir da exploração dos dados serão verdadeiras ou não, na medida em

TABELA 7. Variáveis ambientais (média por grupo de quadrados) e respectivas correlações com as variáveis canônicas, estas geradas na análise de concentração da Tabela 2 com e sem o grupo 8 (*Eleocharis-Centella*).

VARIÁVEIS	1	2	3	4	5	6	7	8	Correlação (r/ var. canônicas						
									Com gr.8			Sem gr.8			
									1	2	3	1	2	3	
Argila (%)	26	23	28	29	22	21	24	17	-.82				-.68		
pH em água	4.7	4.7	4.5	4.4	4.6	4.8	4.7	4.5			.74			-.68	
pH SMP	6.0	6.0	5.9	5.6	5.9	5.9	5.9	5.4			.75			-.89	
P (ppm)	2.2	3.0	2.1	2.0	2.1	2.2	2.2	2.8							
K (ppm)	115	106	126	77	93	99	104	50	-.82					-.86	
Mat.Org.(%)	3.0	2.8	2.9	2.8	3.1	3.2	2.9	4.2	.98				.62		
Al (me/dl)	.9	.9	1.1	1.8	.8	.9	.9	1.9			-.83			.76	
Al (% sat. CTC)	18	20	22	35	17	22	20	42						.73	
Ca (me/dl)	1.8	1.4	1.6	1.2	1.6	1.6	1.6	.9	-.76					-.69	
Mg(me/dl)	1.2	1.0	1.4	1.0	.9	.9	1.1	.4	-.93						
CTC (me/dl)	5.1	4.5	5.2	5.1	4.7	4.7	4.9	4.5							
S (ppm)	16.3	14.5	13.7	21.3	15.9	18.9	15.3	16.1						.85	
Zn (ppm)	1.8	1.6	1.4	1.3	2.0	2.2	1.8	1.7					.62		
Cu (ppm)	1.2	.9	.9	1.1	1.4	1.4	1.2	2.0	.95			.81			
B (ppm)	.4	.4	.2	.4	.4	.4	.4	.5	.73						
Mn (ppm)	54	34	42	25	73	90	57	68						.6	
Fe (%)	.09	.09	.07	.06	.12	.19	.09	.20	.86					.71	
Umid.solo (%)	10.9	9.1	8.3	10.4	11.7	14.8	12.2	31.4	.99						
Cond. umidade	1.6	1.3	1.0	1.3	2.0	3.0	1.8	4.4	.95					.6	
Posição relevo	1.3	1.3	1.5	2.0	2.0	2.2	1.9	4.0	.96						
Uso animal	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.2	2.0	1.4		.90			.94		
Significância (P(= .05)									r) .707	r) .754					

* Somente apresentados os coeficientes de correlação mais altos.

que se aprofundem os estudos de ecologia da vegetação campestre regional.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, A. J. B. Ordination methods in ecology. *Journal of Ecology*, Oxford, v.59, n.3, p.713-726 1971.
- ARAUJO, A. A. de. *O gramado; discrímax da vegetação campestre*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, 1948. 20p.
- BARRETO, I. L.; KAPPEL, A. Principais espécies de gramíneas e leguminosas das pastagens naturais do Rio Grande do Sul. In.: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 15., Porto Alegre, 1964. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 1967. p.281-294.
- BECKING, R. W. The Zurich-Montpellier school of phytosociology. *The Botanical Review*, New York, v.23, n.7, p.411-488, 1957.
- BOLDRINI, I. I.; MIOTTO, S. T. S. Levantamento fitossociológico de um campo limpo da Estação Experimental Agronômica, UFRGS, Guaíba, RS. *Acta Botanica Brasílica*, Porto Alegre, v.1, n.1, p.49-56, 1987.
- BRAUN-BLANQUET, J. *Fitosociologia; bases para el estudio de las comunidades vegetales (Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde)*. Trad. da 3.ed. rev. aum. Madrid: Blume, 1979. 819p.
- BUENO, O. L.; BUSELATO, T. C.; MIOTTO, S. T. S. Composição florística de um campo localizado no município de Montenegro, RS, Brasil. In.: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30. Campo Grande, jan. 1979. *Anais...* São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil. 1979. p.153-158.
- CLEMENTS, F. E. *Plant succession and indicators*. New York: Hafner, 1963. 453p.
- DALE, M. B. On objectives of methods of ordination. *Vegetatio*, The Hague, v.30, n.1, p.15-32, 1975.
- DALE, M. B.; WEBB, L. J. Numerical methods for the establishment of associations. *Vegetatio*, The Hague, v.30, n.2, p.77-87, 1975.
- FEOLI, E.; ORLOCI, L. Analysis of concentration and detection of underlying factors in structures tables. *Vegetatio*, The Hague, v.40, n.1, p.49-54, 1979.
- GAUCH JUNIOR, H. G. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. 249p.
- GLEASON, H. A. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, New York, v.53, p.7-26, 1926.
- GOODAL, D. W. The continuum and the individualistic association. *Vegetatio*, The Hague, v.11, p.297-316, 1963.
- HILL, M. O. Correspondence analysis: a neglected multivariate method. *Applied Statistics*, London, v.23, n.3, p.340-354, 1974.
- KERSHAW, K. A. *Quantitative and dynamic plant ecology*. 2 ed. London: E. Arnold, 1973. 308p.
- MAAREL, E. van der. On the use of ordination models in phytosociology. *Vegetatio*, The Hague, v.19, n.1/6, p.21-46, 1969.
- 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.
- MELLO, O. de; LEMOS, R. C. de; ABRAO, P. U. R.; AZOLIN, M. A. D.; SANTOS, M. da C. L. dos; CARVALHO, A. P. de. Levantamento de uma série de solos do Centro Agronômico. *Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS*, Porto Alegre, v.8, n.1/4, p.7-155, 1966.
- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: J. Wiley, 1974. 547p.
- ORLOCI, L.; KENKEL, N. C. *Introduction to data analysis; with examples from population and community ecology*. Burtonsville: USA, International Cooperative Publishing House, 1985. 340p.
- PILLAR, V. de P.; TCACENCO, F. A. *As pastagens nativas do vale do Itajaí e litoral norte de Santa Catarina*. Florianópolis: EMPASC, 1987. 15p. (EMPASC, Comunicado Técnico, 109).
- POTT, A. *Levantamento ecológico da vegetação de um campo natural sob três condições: pastejado, excluído e melhorado*. Porto Alegre:

que se aprofundem os estudos de ecologia da vegetação campestre regional.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, A. J. B. Ordination methods in ecology. *Journal of Ecology*, Oxford, v.59, n.3, p.713-726 1971.
- ARAUJO, A. A. de. *O gramado; discrímax da vegetação campestre*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio, 1948. 20p.
- BARRETO, I. L.; KAPPEL, A. Principais espécies de gramíneas e leguminosas das pastagens naturais do Rio Grande do Sul. In.: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 15., Porto Alegre, 1964. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, 1967. p.281-294.
- BECKING, R. W. The Zurich-Montpellier school of phytosociology. *The Botanical Review*, New York, v.23, n.7, p.411-488, 1957.
- BOLDRINI, I. I.; MIOTTO, S. T. S. Levantamento fitossociológico de um campo limpo da Estação Experimental Agrônômica, UFRGS, Guaíba, RS. *Acta Botanica Brasílica*, Porto Alegre, v.1, n.1, p.49-56, 1987.
- BRAUN-BLANQUET, J. *Fitosociologia; bases para el estudio de las comunidades vegetales (Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde)*. Trad. da 3.ed. rev. aum. Madrid: Blume, 1979. 819p.
- BUENO, O. L.; BUSELATO, T. C.; MIOTTO, S. T. S. Composição florística de um campo localizado no município de Montenegro, RS, Brasil. In.: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 30. Campo Grande, jan. 1979. *Anais...* São Paulo: Sociedade Botânica do Brasil. 1979. p.153-158.
- CLEMENTS, F. E. *Plant succession and indicators*. New York: Hafner, 1963. 453p.
- DALE, M. B. On objectives of methods of ordination. *Vegetatio*, The Hague, v.30, n.1, p.15-32, 1975.
- DALE, M. B.; WEBB, L. J. Numerical methods for the establishment of associations. *Vegetatio*, The Hague, v.30, n.2, p.77-87, 1975.
- FEOLI, E.; ORLOCI, L. Analysis of concentration and detection of underlying factors in structures tables. *Vegetatio*, The Hague, v.40, n.1, p.49-54, 1979.
- GAUCH JUNIOR, H. G. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975. 249p.
- GLEASON, H. A. The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, New York, v.53, p.7-26, 1926.
- GOODAL, D. W. The continuum and the individualistic association. *Vegetatio*, The Hague, v.11, p.297-316, 1963.
- HILL, M. O. Correspondence analysis: a neglected multivariate method. *Applied Statistics*, London, v.23, n.3, p.340-354, 1974.
- KERSHAW, K. A. *Quantitative and dynamic plant ecology*. 2 ed. London: E. Arnold, 1973. 308p.
- MAAREL, E. van der. On the use of ordination models in phytosociology. *Vegetatio*, The Hague, v.19, n.1/6, p.21-46, 1969.
- 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.
- MELLO, O. de; LEMOS, R. C. de; ABRAO, P. U. R.; AZOLIN, M. A. D.; SANTOS, M. da C. L. dos; CARVALHO, A. P. de. Levantamento de uma série de solos do Centro Agrônômico. *Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS*, Porto Alegre, v.8, n.1/4, p.7-155, 1966.
- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: J. Wiley, 1974. 547p.
- ORLOCI, L.; KENKEL, N. C. *Introduction to data analysis; with examples from population and community ecology*. Burtonsville: USA, International Cooperative Publishing House, 1985. 340p.
- PILLAR, V. de P.; TCACENCO, F. A. *As pastagens nativas do vale do Itajaí e litoral norte de Santa Catarina*. Florianópolis: EMPASC, 1987. 15p. (EMPASC, Comunicado Técnico, 109).
- POTT, A. *Levantamento ecológico da vegetação de um campo natural sob três condições: pastejado, excluído e melhorado*. Porto Alegre:

- UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1974. 177p. Tese de Mestrado. Agronomia, Fitotecnia.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo; a agricultura em regiões tropicais.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541p.
- PRITCHARD, N. M.; ANDERSON, A. J. B. Observation on the use of cluster analysis in botany with an ecological example. *Journal of Ecology*, Oxford, v.59, n.3, p.727-747, 1971.
- RAMBO, P. B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul.** 2.ed. Porto Alegre: Selbach, 1956. 456p.
- ROSENGURTT, B. **Estudios sobre praderas naturales del Uruguay;** 3ª contribución. Montevideo: A. B. Ramos, 1943. 281p.
- ROSENGURTT, B. Flora de Juan Jackson. In.: ROSENGURTT, B. (Ed.) **Estudios sobre praderas naturales del Uruguay;** 5ª contribución. Montevideo: Rosgal, 1946. p. 347-442.
- ROSENGURTT, B. **Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay.** Montevideo: Facultad de Agronomía, 1979. 88p.
- SIQUEIRA, O. J. F. de. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987. 100p.
- TANSLEY, A. G. The classification of vegetation and the concept of development. *Journal of Ecology*, Oxford, v.8, p.118-149, 1920.
- TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetation concepts and terms. *Ecology*, Lancaster, v.16, p.284-307, 1935.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188p. (UFRGS, Departamento de Solos. Boletim Técnico, 5).
- WEISBERG, S. **Applied linear regression.** New York: J. Wiley, 1980. 283p.