

Vegetação espontânea em lavoura sob diferentes manejos estabelecida sobre campo natural¹

Rodrigo Favreto², Renato Borges De Medeiros³, Renato Levien³ & Valério DePatta Pillar⁴

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

² FEPAGRO Litoral Norte, Rodovia RS 484 km 05, CEP 95530-000, Maquiné, RS.

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS.

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências. Av. Bento Gonçalves, 9500, C. Postal 15007, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS.

RESUMO – Este trabalho verificou a influência de sistemas de cultivo estabelecidos há três anos em campo nativo do RS (30°05' S, 51°40' O) sobre a vegetação espontânea. Esta foi avaliada em três sistemas de cultivo (semeadura direta – SD; preparo reduzido – PR; preparo convencional – PC), em sete blocos, em maio e outubro/2002, pela escala Braun-Blanquet. Variáveis ambientais foram registradas. Nas análises de ordenação, congruência e testes de hipóteses utilizaram-se os aplicativos MULTIV e SYNCOSA. SD apresentou mais espécies do que PR e PC. *Brachiaria plantaginea* foi a mais abundante, com menor abundância-cobertura e frequência em SD. *Desmodium incanum*, *Elephantopus mollis*, *Hypoxis decumbens* e *Eryngium horridum* apresentaram altas frequência e cobertura após três anos de SD, podendo ser “plantas-chave” na restauração de campos. Variáveis de solo apresentaram associações com a vegetação. O manejo dos cultivos influencia a vegetação espontânea e as espécies respondem diferentemente a estes efeitos. A aplicação destes resultados deve ser feita com precaução, necessitando-se estudos de longo prazo.

Palavras-chave: campo nativo, ecologia de restauração, manejo, planta espontânea.

ABSTRACT – Spontaneous vegetation in croplands under different management practices established on natural grassland. This study verified the influence of tillage cropping systems established in natural grassland of RS (30°05' S, 51°40' O) upon the spontaneous vegetation. It was evaluated in three systems (no-tillage – NT; reduced tillage – RT; conventional tillage – CT) arranged in seven blocks, using the Braun-Blanquet scale, in May and October 2002. Environmental variables were registered. MULTIV and SYNCOSA software were used for ordination, congruence and testing hypotheses analyses. NT had more species than RT and CT. *Brachiaria plantaginea* was the most abundant, presenting lower cover-abundance and frequency in NT. *Desmodium incanum*, *Elephantopus mollis*, *Hypoxis decumbens*, and *Eryngium horridum*, presented higher cover-abundance and frequency after three years of NT, functioning as key species for natural grassland restoration. Soil variables showed associations with vegetation. Cropping tillage systems affects the spontaneous vegetation, and species respond differently to these effects. The application of these results should be carried out with precaution, and long term studies are necessary.

Key words: management, natural grassland, restoration ecology, spontaneous plant.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas campestres encontram-se em processo de permanente degradação em todo o mundo, em decorrência do superpastejo, da utilização excessiva do fogo ou simplesmente pela substituição por lavouras (Maia *et al.*, 2003). No Rio Grande do Sul, a utilização de novas áreas para o estabelecimento de cultivos agrícolas tem reduzido a área de

campo nativo, fato este que ocorre mais intensamente em anos que há melhores preços dos produtos agrícolas. Esta formação campestre ocupava, em 1970, cerca de 14 milhões de hectares do Estado do RS, e em 1996 havia sido reduzida para pouco mais de 10,5 milhões de hectares (IBGE, 2005).

Nas áreas cultivadas, a vegetação espontânea pode ser caracterizada pelas diversas espécies que crescem em meio aos cultivos agrícolas, pois vegetam

espontaneamente, sem deliberada intervenção humana, opondo-se, nesta acepção, a vegetação cultivada (Ferreira, 1986). Nesse conjunto de espécies, geralmente denominadas como “plantas daninhas”, estão presentes plantas espontâneas típicas de ambientes cultivados, além de remanescentes do ecossistema original. Considerando-se a crescente utilização de áreas de ecossistemas campestres para o estabelecimento de lavouras, a persistência de espécies nativas pode ser fundamental em situações que se deseja a restauração do campo natural, ou em sistemas de manejo em que há rotação dessas lavouras com pastagem nativa.

Em condições de cultivo, a persistência de espécies se dá por propágulos vegetativos ou por sementes. Nesses locais, sujeitos a distúrbios intensos e frequentes, a restauração da vegetação é altamente dependente do banco de sementes do solo (Bakker *et al.*, 1997), pois a maioria dos propágulos vegetativos é destruída pelas práticas de cultivo. Nessas situações, os bancos de sementes são considerados como a última instância de regeneração das comunidades vegetais (Roberts, 1981).

É reconhecido que diferentes práticas de manejo podem influenciar a composição florística de plantas espontâneas (Buhler, 1995). Contudo, nas condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul, são poucos os estudos sobre esse tema, e estes são realizados com outro enfoque, exclusivamente agrônomico, levando em conta apenas dinâmica de populações. Este trabalho teve como objetivo gerar conhecimentos que contribuam para uma melhor compreensão da dinâmica da vegetação espontânea em áreas agrícolas estabelecidas sobre campo nativo, através da avaliação da composição da vegetação em diferentes sistemas de manejo dos cultivos agrícolas, identificando espécies espontâneas chaves para a regeneração da vegetação campestre.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Agrônômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), município de Eldorado do Sul/RS, região ecofisiográfica da Depressão Central, 46 m alt., 30°05' S e 51°40' W (Bergamaschi & Guadagnin, 1990). O clima da região é, segundo a classificação de Köppen, do tipo subtropical úmido Cfa (Moreno, 1961), com temperaturas médias entre 14°C (meses mais frios) e 24°C (meses mais quentes), temperaturas máximas e mínimas de 37,3°C e -0,9°C

respectivamente (SARS, 1979), podendo ocorrer geadas de abril a outubro. A precipitação média anual é de 1398 mm (SARS, 1979), sendo as estiagens mais frequentes entre novembro e março.

O solo da área em estudo pertence à Unidade de Mapeamento São Jerônimo – Argissolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999), apresentando textura franco-argilosa, possuindo originalmente baixo teor de matéria orgânica e forte acidez natural (Mello *et al.*, 1966).

A vegetação natural predominante na região consiste de campos limpos e secos, com a presença de matas de galeria junto aos cursos d'água e locais baixos (Moreno, 1961). A composição florística dominante é constituída principalmente das famílias Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Cyperaceae, Rubiaceae e Apiaceae. Entre as espécies mais frequentes ou de alta contribuição na produção de biomassa, identificadas em estudos realizados em locais próximos à área experimental, destacam-se *Andropogon lateralis* Nees, *Axonopus affinis* Chase, *Baccharis trimera* (Less.) DC., *Desmodium incanum* (Sw.) DC., *Eryngium horridum* Malme, *Paspalum notatum* Fl., *Piptochaetium montevidense* (Spreng.) Parodi, entre outras (Boldrini, 1993; Focht, 2001). Essa vegetação campestre constituía a flora nativa presente na área de estudo anteriormente aos cultivos.

O estudo foi realizado num experimento constituído por sete blocos, cada um (30 × 25 m) contendo três parcelas, sendo cada uma delas referente a um tipo de preparo de solo (tratamento): 1) semeadura direta (SD) – implantação dos cultivos através da dessecação química da vegetação, com a posterior semeadura da cultura sem revolvimento do solo; 2) preparo reduzido (PR) – uma escarificação do solo antes da semeadura; 3) preparo convencional (PC): uma aração, até 20 cm de profundidade, e duas gradagens até 12 cm de profundidade antes da semeadura da espécie cultivada.

O primeiro cultivo na área (milho) foi estabelecido na primavera de 1999. Ocorreram três cultivos de verão e dois de inverno antes do primeiro levantamento do presente estudo, em maio de 2002. A seqüência temporal dos cultivos em três blocos está descrita na Tabela 1. Em outros três blocos, ocorreu rotação das mesmas culturas de verão, mas no inverno foram utilizadas plantas de adubação verde e cobertura de solo (aveia-preta – *Avena strigosa* Schreb. e ervilhaca – *Vicia sativa* L.). Em um bloco também ocorreu rotação de cultivos de verão, mas durante o inverno permaneceu em pousio. As

aplicações de herbicidas foram efetuadas seguindo recomendações agrônomicas oficiais para manter a vegetação espontânea abaixo do nível de dano econômico (Tab. 1).

TABELA 1 – Seqüência temporal dos cultivos e histórico de uso dos herbicidas na área experimental.

| Estação/Ano | Cultivo | Herbicidas (ingrediente ativo) e dose (g/ha)* |
|--------------|--------------|--|
| Primavera/99 | Milho | Glyphosate** (1600), atrazina (1850) e S-metolaclo-ro (1450) |
| Outono/00 | Aveia-branca | Glyphosate** (720) |
| Primavera/00 | Soja | Glyphosate** (1600), imazetapir (106) e cletodim (96) |
| Outono/01 | Trigo | Glyphosate** (720) |
| Primavera/01 | Milho | Glyphosate** (1600), atrazina (1850) e S-metolaclo-ro (1450) |
| Outono/02 | Aveia-branca | glyphosate** (720) |
| Primavera/02 | Soja | glyphosate** (1600), imazetapir (106) e cletodim (96) |

* Em dois blocos não se usou herbicida, e o controle da vegetação espontânea foi feito com capina. Pré-emergentes: atrazina e S-metolaclo-ro; Pós-emergentes: cletodim, glyphosate e imazetapir.

** Somente nas parcelas de SD, e antes da semeadura de cada cultivo para dessecação da vegetação.

O levantamento florístico da vegetação existente em meio aos cultivos foi realizado imediatamente antes das colheitas dos cultivos de verão e inverno, respectivamente em maio e outubro de 2002. Foram demarcados 24 pontos por parcela, distribuídos numa configuração em “W” (Mulugeta & Stoltenberg, 1997), e em cada ponto foi utilizado um quadro metálico de 0,25 m² (0,5 × 0,5 m) para a avaliação da composição florística da vegetação. Todas as espécies nos quadros foram avaliadas por meio da escala de abundância-cobertura elaborada por Braun-Blanquet em 1964 (Braun-Blanquet, 1979), e modificada por Mueller-Dombois & ElleMBERG (1974). Posteriormente, os dados alfanuméricos foram transformados para a escala de van der Maarel (1979), de 0 a 9, para fins de análise numérica.

Variáveis ambientais (características edáficas) e de produtividade do milho foram utilizadas para identificar associações de algumas dessas variáveis com a vegetação e com os tratamentos impostos às parcelas. As variáveis ambientais utilizadas foram: produtividade do milho em maio/2002 (Prod); pH de 0 a 5 cm de profundidade do solo (pH 0-5); de 5 a 10 cm (pH 5-10); de 10-15 cm (pH 10-15); teor de matéria orgânica de 0 a 5 cm de profundidade do solo (MO 0-5); de 5 a 10 cm (MO 5-10); de 10-15 cm (MO 10-15); fósforo disponível de 0-5 cm do solo (P 0-5); de 5-10 (P 5-10); e de 10-15 cm (P 10-15).

Para análise estatística dos dados, foram utilizadas técnicas univariada e multivariada, através dos aplicativos computacionais MULTIV 2.3.3 (Pillar, 2004a) e SYNCSA 2.2.3 (Pillar, 2004b). Primeiramente, obtiveram-se índices de similaridade entre as parcelas (unidades amostrais): distância euclidiana para as análises univariadas; e distância de corda para as multivariadas, pois essa medida é calculada de forma semelhante à distância euclidiana, porém com transformação vetorial de centralização e normalização dos dados, e assim levando em conta principalmente as diferenças de composição florística entre parcelas. Procedeu-se, então, a uma síntese das informações obtidas através de estatística descritiva, avaliando abundância-cobertura média, abundância-cobertura média quando a espécie está presente nos quadros de 0,25 m² e frequência das espécies nos quadros. Para testar diferenças de composição florística, de número de espécies, de variáveis ambientais e de produtividade do milho, entre tratamentos, foi realizada análise de variância por meio de testes de aleatorização (Pillar & Orlóci, 1996).

Posteriormente, procedeu-se à busca exploratória de tendências de variação, através de análise de ordenação, pelo método de coordenadas principais (PCOA) (Podani, 1994), podendo representar sinteticamente o conjunto de dados para melhor visualização em diagramas de dispersão. Para verificar a probabilidade de que as tendências, observadas através de ordenação, se mantenham ao repetir o levantamento no mesmo universo amostral, efetuou-se o teste de significância dos eixos de ordenação por meio de auto-reamostragem *bootstrap* (Pillar, 1999).

Finalmente, foram elaborados perfis de congruência máxima entre variação da vegetação e variáveis ambientais e produtividade. Este procedimento, descrito em Pillar & Orlóci (1993), baseia-se na correlação (congruência) entre duas matrizes de distância: uma comparando as unidades amostrais pela composição da vegetação (distâncias de corda como explicado anteriormente) e outra comparando as mesmas unidades amostrais pelas variáveis ambientais (distâncias euclidianas, com as variáveis padronizadas). O procedimento inicia buscando a variável ambiental que individualmente resulta em maior congruência, agregando a seguir cumulativamente outras variáveis passo a passo, permitindo assim identificar o conjunto de variáveis que maximiza a congruência com a vegetação.

RESULTADOS

Riqueza e composição da vegetação

A partir dos levantamentos da composição florística da vegetação em maio e outubro, para todos os sistemas estudados, registrou-se a presença 83 espécies de 25 famílias botânicas, sendo 53 espécies em maio (Tab. 2) e 65 em outubro (Tab. 3). Das espécies identificadas quanto ao ciclo de vida, em maio 11 eram anuais e 34 perenes, enquanto que, em outubro, 25 eram anuais e 37 perenes. Quanto à origem das espécies encontradas em maio, 33 eram nativas do RS, e 12 exóticas, e em outubro, 43 eram nativas e 18 exóticas. No levantamento de maio

observou-se grande abundância-cobertura média de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc. As demais espécies apresentaram valores bem inferiores. Para algumas espécies, como por exemplo *Bidens pilosa*, *Paspalum notatum*, *Paspalum urvillei* e *Vernonia polianthes*, registraram-se valores baixos de abundância-cobertura média nos tratamentos, mas ao mesmo tempo apresentam altos valores médios de abundância-cobertura quando presente nos quadros, indicando um padrão de distribuição agregado ou a presença de uma estrutura vegetal que proporcionava grande abundância-cobertura quando detectada. Em outubro (Tab. 3), a maior abundância-cobertura média foi de *Soliva pterosperma* (Juss.) Less.

TABELA 2 – Valores de abundância-cobertura média em cada tratamento, abundância-cobertura média quando presente (AP) e frequência (F) das espécies nos quadros. Eldorado do Sul/RS, maio/2002. N/E: nativa no RS/exótica; A/P: anual/perene, segundo Kissman (1991) e HEAR (2005).

Continua

| Espécies | Abundância-cobertura média | | | AP | F (%) | N/E | A/P* |
|--|----------------------------|-------|-------|------|-------|-----|------|
| | SD | PR | PC | | | | |
| <i>Brachiaria plantaginea</i> (Link) A.S.Hitchc. | 6,065 | 8,464 | 8,887 | 8,27 | 94,44 | E | A |
| <i>Sida rhombifolia</i> L. | 2,583 | 1,095 | 0,857 | 2,84 | 52,98 | E | P |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | 2,417 | 0,875 | 0,458 | 3,01 | 41,47 | E | P |
| <i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC. | 2,155 | 0,411 | 0,030 | 2,36 | 36,71 | N | P |
| <i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel. | 0,714 | 0,732 | 0,274 | 2,22 | 25,79 | E | A |
| <i>Scutellaria racemosa</i> Pers. | 0,946 | 0,095 | 0,077 | 1,84 | 20,24 | N | A |
| <i>Elephantopus mollis</i> Kunth | 1,232 | 0,030 | 0,012 | 2,28 | 18,65 | N | P |
| <i>Hypoxis decumbens</i> L. | 0,583 | 0,060 | 0,012 | 1,26 | 17,26 | N | P |
| <i>Oxalis</i> sp. | 0,310 | 0,071 | 0,095 | 1,08 | 14,68 | N | P |
| <i>Soliva pterosperma</i> (Juss.) Less. | 0,107 | 0,107 | 0,113 | 1,20 | 9,13 | N | A |
| <i>Richardia brasiliensis</i> Gómez | 0,095 | 0,262 | 0,089 | 2,14 | 6,75 | N | A |
| <i>Solanum americanum</i> Mill. | 0,149 | 0,304 | 0,161 | 3,43 | 5,95 | N | A |
| <i>Dichondra sericea</i> Swartz | 0,185 | 0,060 | 0,054 | 1,79 | 5,56 | N | P |
| <i>Paspalum</i> sp. | 0,345 | 0,012 | 0,018 | 3,00 | 4,17 | N | P |
| <i>Pfaffia tuberosa</i> (Sprengel) Hicken | 0,125 | 0,018 | 0,012 | 1,24 | 4,17 | N | P |
| <i>Paspalum notatum</i> Flüggé | 0,470 | – | – | 3,95 | 3,97 | N | P |
| <i>Setaria parviflora</i> (Poirot) Kerguelén | 0,143 | – | 0,024 | 1,47 | 3,77 | E | P |
| Dicotiledônea 2 | 0,060 | 0,030 | 0,024 | 1,12 | 3,37 | – | – |
| <i>Eryngium horridum</i> Malme | 0,333 | – | – | 3,29 | 3,37 | N | P |
| <i>Paspalum urvillei</i> Steud. | 0,292 | – | – | 3,77 | 2,58 | N | P |
| <i>Vernonia nudiflora</i> Less. | 0,155 | – | – | 2,17 | 2,38 | N | P |
| Poaceae 2 | 0,089 | 0,024 | – | 1,58 | 2,38 | – | – |
| <i>Panicum bergii</i> Arechav. | 0,036 | – | 0,060 | 1,33 | 2,38 | N | P |
| Poaceae 3 | 0,012 | 0,012 | 0,030 | 1,13 | 1,59 | – | – |
| <i>Vernonia polianthes</i> Less. | 0,167 | 0,012 | – | 3,75 | 1,59 | N | P |
| <i>Verbena bonariensis</i> L. | 0,071 | – | – | 1,50 | 1,59 | N | P |
| <i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb. | 0,065 | – | – | 1,38 | 1,59 | N | P |
| <i>Axonopus affinis</i> A.Chase | 0,119 | – | – | 2,86 | 1,39 | N | P |
| <i>Ricinus communis</i> L. | – | 0,060 | 0,113 | 4,83 | 1,19 | E | P |

TABELA 2 – Valores de abundância-cobertura média em cada tratamento, abundância-cobertura média quando presente (AP) e frequência (F) das espécies nos quadros. Eldorado do Sul/RS, maio/2002. N/E: nativa no RS/exótica; A/P: anual/perene, segundo Kissman (1991) e HEAR (2005).

| Espécies | Abundância-cobertura média | | | AP | F (%) | Conclusão | |
|---|----------------------------|-------|-------|------|-------|-----------|------|
| | SD | PR | PC | | | N/E | A/P* |
| <i>Eleusine tristachya</i> (Lam.) Lamarck | 0,012 | 0,036 | 0,018 | 1,83 | 1,19 | N | P |
| <i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke | 0,018 | 0,018 | 0,012 | 2,00 | 0,79 | E | P |
| <i>Bidens pilosa</i> L. | 0,024 | 0,048 | – | 3,00 | 0,79 | E | A |
| Dicotiledônea 1 | 0,018 | 0,006 | – | 1,00 | 0,79 | – | – |
| Dicotiledônea 3 | 0,006 | 0,018 | – | 1,00 | 0,79 | – | – |
| 2 <i>Solanum viarum</i> Dunal | 0,060 | – | – | 3,33 | 0,60 | N | P |
| <i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Brown | 0,042 | – | – | 2,33 | 0,60 | N | P |
| <i>Lolium multiflorum</i> Lam. | 0,030 | – | – | 1,67 | 0,60 | E | A |
| <i>Evolvulus sericeus</i> Sw | 0,012 | 0,006 | – | 1,50 | 0,40 | N | P |
| Monocotiledônea 1 | 0,006 | 0,006 | – | 1,00 | 0,40 | – | – |
| <i>Mikania</i> sp. | 0,012 | – | – | 1,00 | 0,40 | N | P |
| <i>Cyperus flavus</i> (Vahl) Nees | 0,012 | – | – | 1,00 | 0,40 | N | P |
| <i>Ipomoea</i> sp. | – | 0,006 | 0,006 | 1,00 | 0,40 | N | A |
| <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. | – | – | 0,012 | 1,00 | 0,40 | E | A |
| Poaceae 4 | 0,030 | – | – | 5,00 | 0,20 | – | – |
| <i>Baccharis dracunculifolia</i> DC. | 0,030 | – | – | 5,00 | 0,20 | N | P |
| <i>Orthopappus angustifolius</i> (SW.) Gleason | 0,018 | – | – | 3,00 | 0,20 | N | P |
| <i>Plantago tomentosa</i> Lam. | 0,018 | – | – | 3,00 | 0,20 | N | P |
| Poaceae 1 | 0,012 | – | – | 2,00 | 0,20 | – | – |
| <i>Sonchus oleraceus</i> L. | 0,012 | – | – | 2,00 | 0,20 | E | A |
| <i>Eryngium elegans</i> Cham. & Schlecht | 0,012 | – | – | 2,00 | 0,20 | N | P |
| <i>Amaranthus deflexus</i> L. | – | 0,006 | – | 1,00 | 0,20 | E | P |
| <i>Juncus</i> sp. | – | – | 0,006 | 1,00 | 0,20 | N | P |
| <i>Piptochaetium montevidense</i> (Spr.) Parodi | – | – | 0,006 | 1,00 | 0,20 | N | P |

* Dependendo das condições ambientais, espécies perenes podem se comportar como anuais, e vice-versa. Em condições de cultivo, muitas perenes podem ter ciclo anual.

TABELA 3 – Valores de abundância-cobertura média em cada tratamento, abundância-cobertura média quando presente (AP) e frequência (F) das espécies nos quadros. Eldorado do Sul/RS, outubro/2002. N/E: nativa no RS/exótica; A/P: anual/perene.

| Espécies | Abundância-cobertura média | | | AP | F (%) | Continua | |
|---|----------------------------|-------|-------|------|-------|----------|-----|
| | SD | PR | PC | | | N/E | A/P |
| <i>Soliva pterosperma</i> (Juss.) Less. | 1,333 | 2,702 | 3,815 | 3,30 | 79,56 | N | A |
| <i>Plantago tomentosa</i> Lam. | 0,786 | 1,256 | 1,869 | 2,54 | 51,59 | N | P |
| <i>Solanum americanum</i> Mill. | 0,226 | 0,679 | 1,000 | 1,77 | 35,91 | N | A |
| <i>Sida rhombifolia</i> L. | 0,518 | 0,464 | 0,506 | 1,46 | 34,13 | E | P |
| <i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Weddell | 0,292 | 0,577 | 0,887 | 1,97 | 29,76 | N | P |
| <i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC. | 1,815 | 0,220 | – | 2,43 | 27,98 | N | P |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | 1,423 | 0,631 | 0,548 | 3,21 | 27,18 | E | P |
| <i>Hypoxis decumbens</i> L. | 1,036 | 0,190 | 0,119 | 1,74 | 25,79 | N | P |
| <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist | 0,815 | 0,881 | 0,536 | 2,93 | 25,40 | E | A |
| <i>Hydrocotyle exigua</i> (Urb.) Malme | 0,119 | 0,482 | 0,506 | 1,56 | 23,61 | N | P |
| <i>Richardia brasiliensis</i> Gómez | 0,113 | 0,488 | 0,649 | 1,80 | 23,21 | N | A |
| <i>Sisyrinchium</i> sp. | 0,131 | 0,345 | 0,500 | 1,44 | 22,82 | N | – |

TABELA 3 – Valores de abundância-cobertura média em cada tratamento, abundância-cobertura média quando presente (AP) e frequência (F) das espécies nos quadros. Eldorado do Sul/RS, outubro/2002. N/E: nativa no RS/exótica; A/P: anual/perene.

| Espécies | Abundância-cobertura média | | | AP | F (%) | Conclusão | |
|---|----------------------------|-------|-------|------|-------|-----------|-----|
| | SD | PR | PC | | | N/E | A/P |
| <i>Oxalis</i> sp. | 0,292 | 0,185 | 0,363 | 1,26 | 22,22 | N | P |
| <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. | 0,643 | 0,357 | 0,577 | 2,50 | 21,03 | E | A |
| <i>Facelis retusa</i> (Lam.) Sch. Bip. | 0,530 | 0,411 | 0,554 | 2,37 | 21,03 | N | A |
| <i>Apium leptophyllum</i> (Pers.) F.Muell. | 0,268 | 0,286 | 0,262 | 1,52 | 17,86 | E | A |
| <i>Sonchus oleraceus</i> L. | 0,482 | 0,643 | 0,179 | 2,49 | 17,46 | E | A |
| <i>Scoparia dulcis</i> L. | 0,137 | 0,327 | 0,345 | 1,58 | 17,06 | N | A |
| <i>Elephantopus mollis</i> Kunth | 1,500 | 0,048 | – | 3,02 | 17,06 | N | P |
| <i>Triodanis biflora</i> (Ruiz & Pav.) Greene | 0,161 | 0,500 | 0,440 | 2,20 | 16,87 | E | A |
| <i>Hypochoeris brasiliensis</i> Griseb. | 0,214 | 0,238 | 0,512 | 2,42 | 13,49 | N | A |
| <i>Bowlesia incana</i> Ruiz. & Pav. | 0,220 | 0,190 | 0,155 | 1,83 | 10,32 | N | A |
| <i>Dichondra sericea</i> Swartz | 0,214 | 0,101 | 0,226 | 2,02 | 8,93 | N | P |
| <i>Bidens pilosa</i> L. | 0,113 | 0,208 | 0,179 | 2,63 | 6,35 | E | A |
| <i>Pfaffia tuberosa</i> (Sprengel) Hicken | 0,155 | 0,048 | 0,030 | 1,63 | 4,76 | N | P |
| <i>Mollugo verticillata</i> L. | 0,083 | 0,030 | 0,048 | 1,35 | 3,97 | E | A |
| <i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke | 0,071 | 0,060 | 0,024 | 1,37 | 3,77 | E | P |
| <i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel. | 0,030 | 0,060 | 0,036 | 1,31 | 3,18 | E | A |
| <i>Paspalum notatum</i> Flügge | 0,250 | 0,006 | – | 2,87 | 2,98 | N | P |
| <i>Vernonia nudiflora</i> Less. | 0,173 | 0,012 | – | 2,39 | 2,58 | N | P |
| <i>Senecio selloi</i> (Sprengel) DC. | 0,101 | 0,137 | 0,030 | 3,46 | 2,58 | N | P |
| <i>Eryngium horridum</i> Malme | 0,167 | 0,006 | – | 2,42 | 2,38 | N | P |
| <i>Lepidium ruderale</i> L. | 0,137 | 0,018 | 0,018 | 2,64 | 2,18 | E | A |
| Dicotiledônea 2 | 0,060 | 0,018 | 0,018 | 1,46 | 2,18 | – | – |
| <i>Paspalum urvillei</i> Steud. | 0,268 | – | 0,042 | 4,73 | 2,18 | N | P |
| <i>Senecio brasiliensis</i> Less. | 0,030 | 0,054 | 0,036 | 2,00 | 1,98 | N | P |
| <i>Vernonia polianthes</i> Less. | 0,119 | 0,030 | 0,030 | 3,75 | 1,59 | N | P |
| <i>Baccharis trimera</i> (Less.) CD. | 0,030 | 0,006 | 0,030 | 1,38 | 1,59 | N | P |
| <i>Setaria parviflora</i> (Poirlet) Kerguelen | 0,077 | 0,036 | – | 2,38 | 1,59 | N | P |
| <i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb. | 0,071 | – | – | 1,71 | 1,39 | N | P |
| <i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Rafin. | 0,012 | 0,060 | 0,042 | 3,17 | 1,19 | N | A |
| <i>Erechtites valerianaefolia</i> DC. | 0,030 | 0,030 | 0,048 | 4,50 | 0,79 | N | A |
| <i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Brown | 0,089 | – | 0,018 | 4,50 | 0,79 | N | P |
| <i>Paspalum paniculatum</i> L. | 0,119 | – | – | 5,00 | 0,79 | N | P |
| <i>Solanum viarum</i> Dunal | – | 0,018 | 0,042 | 2,50 | 0,79 | N | A |
| <i>Ricinus communis</i> L. | – | 0,012 | 0,042 | 2,25 | 0,79 | E | P |
| <i>Centella asiatica</i> (L.) Urban | – | – | 0,024 | 1,33 | 0,60 | N | P |
| <i>Calamagrostis viridiflavescens</i> (Poir.) St. | 0,065 | – | – | 3,67 | 0,60 | N | P |
| <i>Evolvulus sericeus</i> Sw | 0,018 | – | – | 1,00 | 0,60 | N | P |
| <i>Briza subaristata</i> Lam. | 0,030 | – | – | 2,50 | 0,40 | N | P |
| <i>Paspalum dilatatum</i> Poirlet | 0,030 | – | – | 2,50 | 0,40 | N | P |
| <i>Carex</i> sp. | 0,018 | – | – | 1,50 | 0,40 | N | P |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi | 0,006 | 0,018 | – | 2,00 | 0,40 | N | P |
| <i>Trifolium repens</i> L. | 0,012 | 0,012 | – | 2,00 | 0,40 | E | P |
| <i>Ipomoea</i> sp. | – | 0,012 | 0,006 | 1,50 | 0,40 | E | A |
| <i>Parietaria debilis</i> Forst. f. | – | 0,030 | 0,018 | 4,00 | 0,40 | N | A |
| <i>Gamochaeta spicata</i> (Lam.) Cabr. | – | 0,030 | 0,012 | 3,50 | 0,40 | N | A |
| Indeterminada 8 | 0,030 | – | – | 5,00 | 0,20 | – | – |
| <i>Eleusine tristachya</i> (Lam.) Lamarck | 0,018 | – | – | 3,00 | 0,20 | N | P |
| <i>Juncus</i> sp. | 0,018 | – | – | 3,00 | 0,20 | N | – |
| <i>Verbena bonariensis</i> L. | 0,012 | – | – | 2,00 | 0,20 | – | P |
| <i>Eryngium elegans</i> Cham. & Schlecht | 0,006 | – | – | 1,00 | 0,20 | N | – |
| <i>Rumex obtusifolius</i> L. | – | 0,018 | – | 3,00 | 0,20 | E | P |
| <i>Amaranthus deflexus</i> L. | – | 0,006 | – | 1,00 | 0,20 | E | P |
| <i>Ludwigia</i> sp. | – | – | 0,018 | 3,00 | 0,20 | E | P |

Os sistemas de cultivo afetaram o número médio de espécies (riqueza) de cada um dos 24 quadros por parcela, em cada sistema, no levantamento de maio (Fig. 1). Registrou-se diferenças significativas no número de espécies espontâneas entre o sistema de semeadura direta (6,5) e o preparo reduzido (3,0) e o convencional (2,6), sem diferença entre esses dois últimos. Já em outubro, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

A Tabela 4 a seguir, apesar de não ter análise estatística, destaca os valores máximos e mínimos de riqueza observados nos sistemas de cultivo, reafirmando o efeito da semeadura direta em promover maior riqueza, conforme descrito anteriormente.

TABELA 4 – Números máximo e mínimo de espécies por parcela encontradas na vegetação espontânea de cada sistema de cultivo. Eldorado do Sul/RS, 2002.

| Sistema de cultivo | Máximos | | Mínimos | |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| | maio | outubro | maio | outubro |
| SD | 32 | 42 | 13 | 17 |
| PR | 23 | 37 | 9 | 23 |
| PC | 15 | 32 | 9 | 18 |

Quando se considera o número total de espécies por parcela, em cada sistema (Fig. 2), os valores são maiores que os dos quadros (Fig. 1), porém guardam proporções semelhantes sendo que, no levantamento de maio, somente SD difere de PC. Assim, diferenças em riqueza foram verificadas em diferentes escalas de observação.

Em relação à composição florística da vegetação, o tratamento de semeadura direta diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos tratamentos de preparo reduzido e preparo convencional, e sem diferenças entre esses últimos, nas duas épocas de avaliação (Tab. 5).

TABELA 5 – Valores de probabilidade gerados após 10000 iterações por teste de aleatorização, para cada contraste entre semeadura direta (SD), preparo reduzido (PR) e preparo convencional (PC), referente à composição florística da vegetação espontânea, em maio e outubro de 2002, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul/RS.

| Contrastes | Valores de probabilidade (p) | |
|------------|------------------------------|---------|
| | Maio | Outubro |
| SD - PR | 0,0174 | 0,027 |
| SD - PC | 0,0161 | 0,019 |
| PR - PC | 0,1385 | 0,063 |

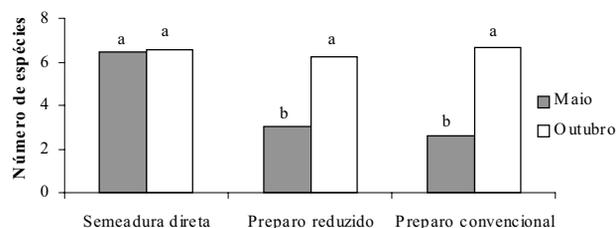


Fig. 1. Número médio de espécies da vegetação espontânea por quadro de 0,25 m², em cada sistema de cultivo, em maio e outubro de 2002, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul/RS. Letras diferentes indicam diferença significativa (teste de aleatorização, $p < 0,05$) entre sistemas de cultivo, em cada avaliação.

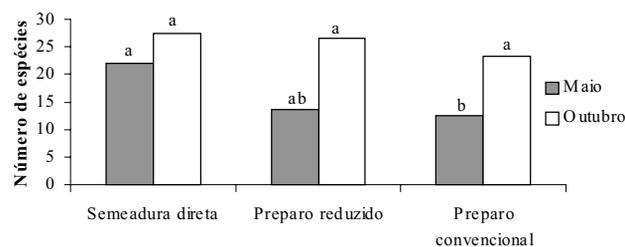


Fig. 2. Número médio de espécies da vegetação espontânea por parcela, em cada sistema de cultivo, em maio e outubro de 2002, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul/RS. Letras diferentes indicam diferença significativa (teste de aleatorização, $P < 0,05$) entre sistemas de cultivo em cada data de avaliação

Através da análise de ordenação dos dados do levantamento de maio, utilizando todas as espécies registradas, obteve-se o diagrama de dispersão das 21 parcelas (7 blocos \times 3 sistemas de cultivo) apresentado na Figura 3. A espécie com maior correlação positiva (0,98) com o eixo I (horizontal) é *Brachiaria plantaginea*, sendo a espécie mais abundante, com ampla distribuição na área experimental. Pelo teste de significância de eixos (autoreamostragem *bootstrap*), apenas o eixo I foi considerado significativo ($p < 0,1$), e contendo 77,6 % da variabilidade dos dados, além de ter havido suficiência amostral. Três parcelas de semeadura direta ficaram afastadas da maioria, sendo caracterizadas pela presença de espécies perenes com maiores índices de correlação negativo com o eixo I: *Sida rhombifolia* (-0,93), *Desmodium incanum* (-0,89), *Cynodon dactylon*, (-0,87), *Elephantopus mollis* (-0,78) e *Hypoxis decumbens* (-0,75).

A análise de ordenação foi repetida com os mesmos dados de maio, mas com a exclusão de *B. plantaginea*. Apesar dos eixos de ordenação não terem sido considerados significativos ($p > 0,1$), nota-se que as parcelas de semeadura direta ficaram mais à esquerda do diagrama de dispersão (Fig. 4). Nesta posição estão agrupadas as espécies com

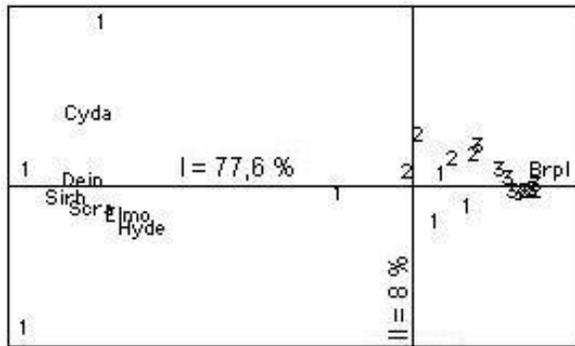


Fig. 3. Diagrama de dispersão das 21 parcelas e das espécies (correlação com eixo $> 0,7$), obtido por análise de ordenação (PCOA), a partir de distância de corda. Dados do levantamento da vegetação em maio/2002. Legenda: 1: parcelas de semeadura direta; 2: preparo reduzido; 3: preparo convencional; Brpl: *Brachiaria plantaginea*; Cyda: *Cynodon dactylon*; Dein: *Desmodium incanum*; Elmo: *Elephantopus mollis*; Hyde: *Hypoxis decumbens*; Sirh: *Sida rhombifolia*; Scra: *Scutellaria racemosa*.

maiores correlações negativas com o eixo I (27% da variabilidade dos dados): *Elephantopus mollis* (-0,75), *Desmodium incanum* (-0,79), *Hypoxis decumbens* (-0,69), *Sida rhombifolia* (-0,67), *Scutellaria racemosa* (-0,63), *Vernonia polianthes* (0,60) e *Eryngium horridum* (-0,55), quase todas de ciclo de vida perene. Verifica-se ainda, no diagrama, que as parcelas com preparo reduzido se posicionaram numa região intermediária do eixo I. As parcelas de preparo convencional, por sua vez, se localizaram mais à direita e acima. Neste caso, *Solanum americanum* aparece como uma espécie diferencial apresentando uma correlação de 0,58 com o eixo II (24,1% da variabilidade dos dados).

Os dados do levantamento de outubro foram submetidos aos mesmos procedimentos estatísticos utilizados para o levantamento de maio. Entretanto, para os dados de outubro, procedeu-se a somente uma análise com todas as espécies, uma vez que esta foi suficiente para expressar as diferenças de composição florística entre os sistemas. O diagrama de dispersão (Fig. 5) revelou tendências semelhantes às observadas com os dados de maio. As parcelas de semeadura direta se localizaram na porção esquerda do diagrama, onde estão agrupadas as espécies com maiores correlações negativas com o eixo I, com 51,2% da variabilidade dos dados (significativo a $p < 0,1$): *Desmodium incanum* (-0,95), *Hypoxis decumbens* (-0,85), *Elephantopus mollis* (-0,78) e *Cynodon dactylon* (-0,62), todas de ciclo perene. As parcelas de preparo reduzido e convencional ficaram do lado oposto do diagrama, estando, nesta posição,

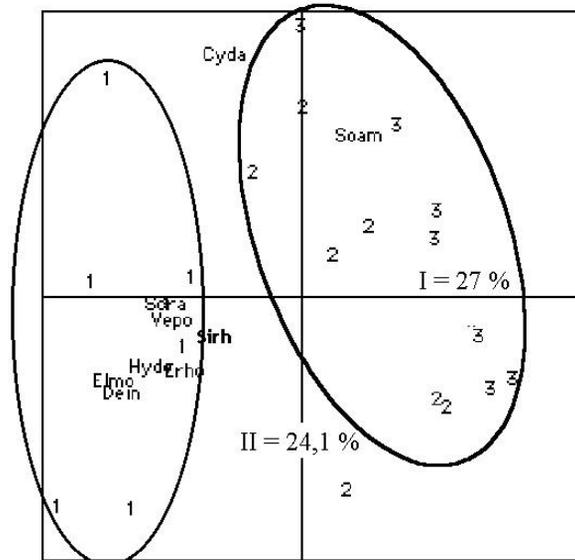


Fig. 4. Diagrama de dispersão das 21 parcelas e das espécies (correlação com eixos $> 0,5$), obtido por análise de ordenação (PCOA), a partir de distância de corda. Dados do levantamento da vegetação em maio/2002, excetuando-se a espécie *B. plantaginea*. Legenda: 1: parcelas de semeadura direta; 2: preparo reduzido; 3: preparo convencional; Soam: *Solanum americanum*; Cyda: *Cynodon dactylon*; Sirh: *Sida rhombifolia*; Scra: *Scutellaria racemosa*; Vepo: *Vernonia polianthes*; Erho: *Eryngium horridum*; Hyde: *Hypoxis decumbens*; Elmo: *Elephantopus mollis*; Dein: *Desmodium incanum*.

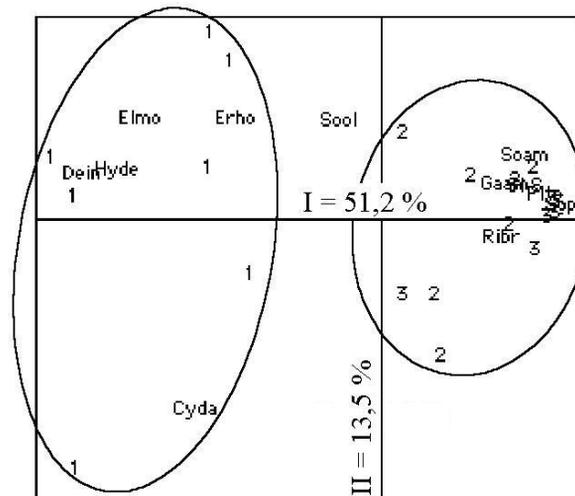


Fig. 5. Diagrama de dispersão das 21 parcelas e das espécies (correlação com eixos $> 0,5$), obtido por análise de ordenação (PCOA), a partir de distância de corda. Dados do levantamento da vegetação em outubro/2002. Legenda: 1: parcelas de semeadura direta; 2: preparo reduzido; 3: preparo convencional; Dein: *Desmodium incanum*; Hyde: *Hypoxis decumbens*; Elmo: *Elephantopus mollis*; Erho: *Eryngium horridum*; Cyda: *Cynodon dactylon*; Soam: *Solanum americanum*; Ribr: *Richardia brasiliensis*; Gaam: *Gamochoaeta americana*; Plto: *Plantago tomentosa*; Sopt: *Soliva pterosperma*; Sisi: *Sisyrinchium* sp.

as espécies de correlação positiva com o eixo I: *Soliva pterosperma* (0,94), *Plantago tomentosa* (0,83), *Sisyrinchium* sp. (0,72), *Solanum americanum* (0,69), *Richardia brasiliensis* (0,58) e *Gamochaeta americana* (0,58).

Similaridade entre vegetação e variáveis ambientais

Nas Figuras 6 e 7, observam-se os perfis de congruência entre vegetação e as variáveis ambientais, nas duas épocas de avaliação. Algumas variáveis tomadas isoladamente apresentam altos valores de similaridade com a vegetação, sendo que em alguns casos existe um conjunto ótimo de variáveis que aumenta o valor de congruência, ou seja, um conjunto de variáveis mais correlacionado com vegetação, representado pelos pontos mais altos nos perfis de congruência.

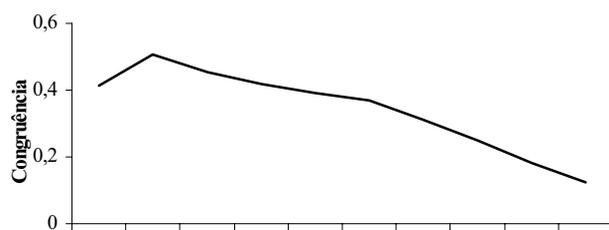


Fig. 6. Perfil de congruência máxima entre a variação da vegetação em maio/2002 e as variáveis ambientais. No eixo horizontal, encontram-se as 10 variáveis cumulativamente da esquerda para a direita: pH 0-5, MO 0-5, MO 10-15, Prod, MO5-10, P0-5, pH5-10, P5-10, pH 10-15, P 10-15.

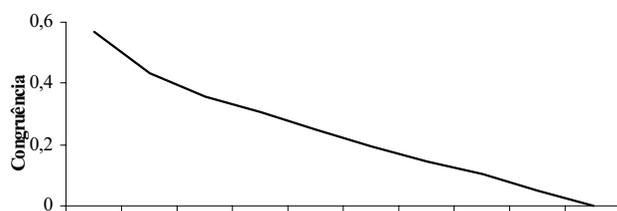


Fig. 7. Perfil de congruência máxima entre a variação da vegetação em outubro/2002 e as variáveis ambientais. No eixo horizontal, encontram-se as 10 variáveis cumulativamente da esquerda para a direita: pH0-5, pH5-10, MO5-10, MO0-5, Prod, MO 10-15, P 0-5, pH 10-15, P 10-15, P 5-10.

Os valores de congruência entre a vegetação e todas as variáveis ambientais analisadas (último ponto no eixo horizontal) não foram significativos, sendo 0,13 ($p = 0,208$) em maio e 0,002 ($p = 0,464$) em outubro. No entanto, o conjunto ótimo de variáveis

apontou valores significativos em maio (Fig. 6), sendo a congruência máxima obtida com as variáveis pH e MO de 0-5 cm (0,51; $p = 0,001$). Em outubro (Fig. 7), a variável de solo com maior correlação (congruência) com a vegetação foi o pH de 0-5 cm, com valor de 0,57 ($p = 0,001$).

Quanto às variáveis ambientais (Tab. 6), verifica-se que algumas delas apresentaram diferenças significativas (teste de aleatorização, $p < 0,05$) entre os tratamentos.

TABELA 6 – Média dos valores das variáveis ambientais e de produtividade do milho, em cada sistema de cultivo, Eldorado do Sul/RS, maio/2002. Letras diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre sistemas de cultivo para cada variável. Legenda: SD: parcelas de semeadura direta; PR: preparo reduzido; PC: preparo convencional.

| Variável | SD | PR | PC |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| pH do solo a 0-5 cm | 6,79 a | 6,49 b | 6,31 b |
| pH 5-10 cm | 5,87 a | 6,17 b | 6,33 b |
| pH 10-15 cm | 5,51 a | 5,51 a | 5,91 b |
| Fósforo disponível 0-5 cm (mg/L) | 24,97 a | 20,57 a | 13,71 a |
| Fósforo 5-10 cm (mg/L) | 3,91 a | 4,54 a | 6,73 a |
| Fósforo 10-15 cm (mg/L) | 1,50 a | 1,97 a | 2,57 a |
| Matéria orgânica do solo 0-5 cm (%) | 3,93 a | 3,61 a | 3,00 b |
| Matéria orgânica 5-10 cm (%) | 3,00 a | 3,13 a | 3,03 a |
| Matéria orgânica 10-15 cm (%) | 2,53 a | 2,66 a | 2,57 a |
| Produtividade do milho (kg/ha) | 4293,7 a | 5682,4 b | 6391,3 b |

DISCUSSÃO

As informações coletadas permitem afirmar que em apenas 2,5 anos de cultivo com preparo reduzido ou convencional, a vegetação original foi completamente alterada, se comparada a de estudos realizados em campo nativo das proximidades (Pillar, 1988; Boldrini, 1993; Focht, 2001; Maia *et al.*, 2003). No levantamento de maio, as espécies mais abundantes são espontâneas típicas de ambientes cultivados – “plantas daninhas” exóticas (Deuber, 1997). No entanto, a área de cultivo apresentou número considerável de espécies nativas (Tabs. 2 e 3), apesar da maioria delas apresentar valores médios de abundância-cobertura e frequência baixos. Todavia, nos quadros em que estavam presentes, estas espécies apresentaram altos valores de abundância-cobertura indicando um padrão de distribuição agregado. No conjunto, estes resultados evidenciaram que a vegetação espontânea da área experimental caracte-

rizou-se por espécies típicas de ambientes cultivados, associadas com “manchas” ou “touceiras” de vegetação remanescente do campo natural.

Conforme mostram os dados, verifica-se que diferentes práticas de manejo do solo promovem condições ambientais que alteram o número e a abundância das espécies espontâneas em cultivos agrícolas. Neste trabalho, após dois e três anos de cultivo de inverno e de verão, respectivamente, sobre pastagem natural da Depressão Central do RS, observou-se que o sistema de semeadura direta proporcionou maior riqueza de espécies na vegetação espontânea, em relação aos outros sistemas estudados (Fig. 1), principalmente a partir de espécies nativas e perenes (Tabs. 2 e 3). Apesar de ser um ambiente impactado, a semeadura direta aparentemente manteve uma composição mais próxima da original, se comparada aos outros sistemas de cultivo estudados. No entanto, estudos de longa duração teriam que ser realizados para verificar se essa tendência de maior riqueza de espécies associada à semeadura direta se manteria com mais anos de cultivo, especialmente pelo possível efeito do uso dos herbicidas sobre as plantas remanescentes e sobre o banco de sementes no solo.

A diferença em riqueza foi observada principalmente em maio provavelmente porque, nesta data, havia ampla cobertura de *B. plantaginea*, que nesta época completa seu ciclo anual de verão. Competindo por recursos, esta espécie pode ter inibido a presença de algumas espécies de verão, especialmente nos sistemas PR e PC. É espécie de origem africana, espontânea típica de cultivos anuais, considerada no meio agrícola como uma das principais plantas “indesejáveis” devido à sua alta habilidade competitiva (Theisen *et al.*, 2000).

A menor abundância-cobertura de *B. plantaginea* nas parcelas de semeadura direta é devida ao manejo diferenciado que favoreceu a proliferação de outras espécies. Assim, este manejo, inibindo a habilidade competitiva de *B. plantaginea*, pode estar abrindo espaços e disponibilizando recursos para um maior número de espécies conviverem, fato verificado nos resultados (Figs. 1 e 2). De forma inversa, pode-se dizer que outra causa provável é a presença de um maior número de espécies de plantas espontâneas que, favorecidas pelo manejo, poderiam tirar espaço e recursos de *B. plantaginea*, reduzindo sua frequência e seu índice de cobertura.

Naeem *et al.* (2000) apresentam resultados reforçando a hipótese de Elton (1958), que afirma que

ambientes naturais com maior diversidade tendem a ser mais resistentes a invasões biológicas de uma determinada espécie. Apesar de, no presente caso, estarmos frente a um ambiente totalmente antropizado, os resultados também parecem reforçar esta hipótese, no que se refere à menor presença de *B. plantaginea* nas parcelas de SD. Neste caso pode ser especulado que a condição ambiental proporcionada pela semeadura direta promova a existência de um maior número de nichos, oportunizando que um maior número de espécies coexistam. Independente da hipótese que se utilize para explicar as diferenças de composição florística, a causa fundamental advém do sistema de manejo com menor distúrbio.

Considerando somente a amplitude de variação dos dados, verificada na Tabela 4, o maior número de espécies encontrado em outubro provavelmente seja fruto da sazonalidade. Isso ocorre porque a vegetação de áreas agrícolas é bastante dinâmica, promovendo variações sazonais intensas, o que foi verificado para as comunidades de maio e outubro do presente estudo.

Os resultados demonstram também a existência de maior concentração de espécies perenes no sistema SD, indicando que o menor revolvimento do solo facilita a presença destas espécies, bem como cria uma condição ambiental indutora de maior riqueza, conforme os dados apresentados nas Figuras 1 e 2. O menor revolvimento possivelmente esteja associado à não destruição de propágulos vegetativos, ocorrendo então uma maior presença dessas espécies perenes. Além disso, o menor revolvimento permite maior presença de resíduos culturais sobre o solo (Gliessman, 2001), e diminui a exposição das plantas à ação dos herbicidas, promovendo variações na flora.

A maior intensidade de distúrbio do solo em PR e PC, ao contrário da menor intensidade de SD, cria uma condição ambiental indutora ao aparecimento de espécies anuais. Esse maior distúrbio do solo inibe o estabelecimento de espécies perenes, ao mesmo tempo que estimula a germinação de muitas sementes, dentre elas muitas anuais, que conseguem se estabelecer e produzir sementes, que permanecem no solo até a próxima estação favorável ao crescimento das plantas. Desse modo, há uma seleção de espécies de ciclo curto que se adaptam a ambientes com ciclos de intenso distúrbio.

Pelo fato de *Soliva pterosperma* apresentar maior abundância em outubro nos tratamentos com maior revolvimento do solo (Fig. 5), especula-se que esta

espécie pode ser uma indicadora de solo descoberto, fato que foi visualizado a campo. Outras espécies, como *Plantago tomentosa*, *Richardia brasiliensis* e *Gamochaeta americana* apresentaram padrão de ocorrência semelhante, além de *Solanum americanum*, que ocorreu nas duas datas de avaliação.

É possível que muitas destas espécies espontâneas, vegetando sob o dossel das plantas cultivadas, sob menores intensidades luminosas, utilizando água e nutrientes das entrelinhas dos cultivos, exerçam uma competição desprezível do ponto de vista econômico. A presença de espécies espontâneas em cultivos agrícolas pode ser ecológica e economicamente desejada, uma vez que a sustentabilidade dos agroecossistemas aumenta à medida que suas propriedades se aproximam das propriedades dos ecossistemas naturais, e que este é um dos maiores desafios da agricultura (Gliessman, 2001). Interações positivas, sinergismos e mutualismos, entre plantas cultivadas e espontâneas, ainda foram pouco estudadas.

Considerando a importância de algumas espécies diferenciais que ocorreram nas duas estações avaliadas, a vegetação espontânea nos primeiros anos de semeadura direta implantada sobre campo nativo da Depressão Central/RS, pode ser caracterizada por espécies perenes como *Desmodium incanum*, *Elephantopus mollis*, *Hypoxis decumbens* e *Eryngium horridum*, remanescentes do campo nativo. A ocorrência deste grupo de espécies nativas indica que o campo natural tem potencial de regeneração, caso as áreas sejam deixadas de ser cultivadas nos primeiros anos de semeadura direta.

Buisson *et al.* (2002) comentam a possibilidade de não haver uma restauração completa da vegetação num primeiro momento, mas apenas de “espécies-chave”, ou seja, que permitam a formação da estrutura básica da comunidade. Assim, essa estrutura inicial poderia, a longo prazo, oferecer condições para o estabelecimento de outras espécies nativas pelo mecanismo de facilitação (Connell & Slatyer, 1977). Algumas espécies poderiam iniciar a regeneração a partir de manchas de vegetação, em alguns casos denominadas como “ilhas de regeneração” (Gomes & Moraes, 2004). Essas manchas de remanescentes, juntamente com as bordas de vegetação natural, seriam responsáveis pela geração de propágulos que poderiam regenerar o campo natural em áreas alteradas.

Dentre as variáveis analisadas (características edáficas e produtividade do milho), as Figuras 6 e 7 demonstram pH e MO de 0-5 cm como as variáveis

mais correlacionadas com a vegetação. Esse fato é explicado pela associação existente entre algumas espécies e os sistemas de cultivo estudados (Figs. 4 e 5), e estes últimos também estão associados com diferentes níveis de pH e matéria orgânica (Tab. 6). As outras variáveis não apresentaram associação significativa com a vegetação ($p < 0,05$).

A semeadura direta apresentou maiores níveis de pH e MO na superfície do solo, e esteve associada a algumas espécies perenes, descritas anteriormente. No caso dos sistemas com revolvimento (PR e PC), estes apresentaram menores níveis de pH e MO na superfície, promovidos pela diluição no perfil do solo, e apresentaram a predominância de espécies anuais, como *B. plantaginea*. Desse modo, os sistemas de cultivo influenciaram tanto a vegetação quanto as variáveis edáficas, mas não foi possível verificar qual o efeito direto dessas variáveis edáficas sobre a vegetação e vice-versa.

É importante ressaltar que o pH do solo afeta a eficiência de herbicidas aplicados no mesmo (Hartley, 1976). Esta diferença de pH na superfície do solo, entre sistemas de cultivo, também poderia determinar diferenças na ação desses compostos sobre sementes ou plantas, o que conseqüentemente poderia influenciar a composição de espécies da vegetação e do banco de sementes do solo.

Andersson & Milberg (1998) sugerem que variações em características edáficas, associadas a outros fatores, promovem variações na composição da flora. A literatura tem registrado associações entre a vegetação e as variáveis ambientais, incluindo variáveis de solo (Pillar, 1988; Focht, 2001; Maia, 2002; entre outros). Entretanto, na maioria desses trabalhos, algumas características químicas de solo também são influenciadas por outras variáveis ambientais, como posição de relevo, umidade de solo ou outros fatores.

A semeadura direta apresentou menor produtividade do milho, em kg/ha, em relação aos outros sistemas de manejo (Tab. 6). Contudo, esse tipo de preparo de solo pode proporcionar menores custos de produção e conseqüentemente maior rentabilidade (Santos *et al.*, 2002), compensando possíveis reduções de produtividade. Assim, neste trabalho não é possível afirmar se a menor produtividade significa necessariamente menor rentabilidade econômica.

Apesar dos dados apresentarem o sistema de semeadura direta como mais vantajoso à sustentabilidade ambiental, ressalta-se que a aplicação dos resultados obtidos deve ser feita com precaução e

somente para as condições ambientais da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Ressalta-se também que a área de estudo está há apenas 2,5 anos com cultivos estabelecidos sobre campo nativo, e que foram feitas apenas duas avaliações da vegetação no presente estudo. Assim, não é possível afirmar se as diferenças entre sistemas de cultivo serão observáveis após vários anos de cultivo. Há a necessidade de estudos de longo prazo para avaliar a dinâmica da vegetação espontânea e suas complexas interações com as plantas cultivadas a fim de se determinar possíveis estratégias de coexistência positiva entre estes dois componentes.

CONCLUSÕES

Sistemas de cultivo com maior revolvimento do solo causam maior alteração na composição da vegetação original do campo nativo do que sistemas com menor revolvimento, e sua vegetação espontânea é caracterizada predominantemente por espécies anuais.

Sistemas de cultivo de lavouras anuais com menor distúrbio de solo, em relação a sistemas com maior revolvimento, podem apresentar maior riqueza na vegetação espontânea, permitir maior abundância de espécies perenes na vegetação e reduzir a incidência de *Brachiaria plantaginea*.

A persistência de espécies perenes como *Desmodium incanum*, *Elephantopus mollis*, *Hypoxis decumbens* e *Eryngium horridum* após 2,5 anos de cultivo em sistema de semeadura direta, indica que estas espécies apresentam potencial para iniciar a restauração de áreas de campos naturais impactados por cultivos agrícolas.

As variações da composição da vegetação espontânea estão diretamente associadas às variações do pH e da matéria orgânica do solo, e estas guardam relação de dependência com os sistemas de cultivo empregados.

A aplicação dos resultados deve ser feita com precaução e somente para as condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul, visto que foram feitas apenas duas avaliações da vegetação numa área com apenas 2,5 anos de cultivos estabelecidos sobre campo nativo.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Apoio a Núcleos de Excelência/CNPq, pelo apoio financeiro; à Profa. Ilsi Boldrini, pela colaboração na identificação de espécies; e aos acadêmicos Álvaro Stolz, Marcos Olmedo e Samantha Brack, pelo auxílio a campo.

IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 62, n. 1-2, p. 5-17, jan./dez. 2007

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, T. N.; MILBERG, P. 1998. Weed flora and the relative importance of site, crop, crop rotation, and nitrogen. **Weed Science**, v. 46, n. 1, p. 30-38.
- BAKKER, J. P.; BAKKER, E. S.; ROSÉN, E.; VERWEIJ, G. L. 1997. The soil seed bank of undisturbed and disturbed dry limestone grassland on Öland (Sweden). **Ökologie und Naturschutz**, v. 6, n. 1, p. 9-18.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, H. R. 1990. **Agroclima da Estação Experimental Agrônômica/UFRGS**. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS. 41 p.
- BOLDRINI, I. I. 1993. **Dinâmica da vegetação de uma pastagem natural sob diferentes níveis de oferta de forragem e tipos de solos**. 262 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. **Fitosociología**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. (Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetationskunde). 3. ed. rev. e aum. Madrid: Blume. 820 p.
- BUHLER, D. D. 1995. Influences of tillage systems on weed population dynamics and management in corn soybean in the Central USA. **Crop Science**, v. 35, n. 5, p. 1247-1258.
- BUISSON, E.; DUTOIT, T.; TATONI, T. 2002. Establishment mode of keystone species in plant communities: application to restoration ecology. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 45., Porto Alegre, 2002. **Abstracts...** Porto Alegre: IAVS, 2002. p. 148.
- CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community and organization. **American Naturalist**, v. 111, n. 982, p. 1119-1144.
- DEUBER, R. 1997. **Ciência das plantas infestantes: manejo**. Campinas: Ed. do Autor. v. 2, 285 p., il.
- ELTON, C. S. 1958. **The ecology of invasions by animals and plants**. Methuen.
- EMBRAPA. 1999. **Classificação dos Solos Brasileiros**. Brasília. 412 p.
- FERREIRA, A. B. H. 1986. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 1838 p.
- FOCHT, T. 2001. **Padrões espaciais em comunidades vegetais de um campo pastejado e suas relações com fatores de ambiente**. 157 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- GLIESSMAN, S. R. 2001. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS. 653 p., il.
- GOMES, G. S.; MORAES, C. S. 2004. Análise da regeneração natural arbórea de um sistema agroflorestal em floresta ambrófila mista no Estado do Paraná, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA; SBSAF, 2004. p. 116-118.
- HARTLEY, G. S. 1976. Physical behaviour in the soil. In: AUDUS, L. J. (Ed.) **Herbicides: physiology, biochemistry, ecology**. 2. ed. New York: Academic Press. v. 2, p. 1-28, il.

- HEAR: HAWAIIAN ECOSYSTEMS AT RISK PROJECT. **A Global Compendium of Weeds**. Disponível em: <http://www.hear.org/gcw>. Acesso em: 18 jul. 2005.
- KISSMAN, K. G. 1991. **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF Brasileira. 3 v.
- IBGE. **Censo Agropecuário de 1995-1996**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/43/d43_t01.shtm>. Acesso em: 18 jul. 2005.
- MAIA, F. C. 2002. **Padrões de variação do banco de sementes do solo em função de fatores edáficos e da vegetação de um campo natural**. 186 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- MAIA, F. C.; MEDEIROS, R. B.; PILLAR, V. D. P.; CHOLLET, D. M. S.; OLMEDO, M. O. M. 2003. Composição, riqueza e padrão de variação do banco de sementes do solo em função da vegetação de um ecossistema de pastagem natural. **Iheringia, Série Botânica**, v. 58, n. 1, p. 61-80.
- MELLO, O.; LEMOS, R. C.; ABRÃO, P. U. R.; AZOLIN, M. A. D.; SANTOS, M. C. L.; CARVALHO, A. P. 1966. Levantamento em série do Centro Agrônomo. **Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 7-155.
- MORENO, J. A. 1961. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. 41 p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley. 547 p.
- MULUGETA, D.; STOLTENBERG, D. E. 1997. Weed and seedbank management with integrated methods as influenced by tillage. **Weed Science**, v. 45, n. 5, p. 706-715.
- NAEEM, S.; KNOPS, J. M. H.; TILMAN, D.; HOWE, K. M.; KENNEDY, T.; GALE, S. 2000. Plant diversity increases resistance to invasion in the absence of covarying extrinsic factors. **Oikos**, v. 91, n. 1, p. 97-108.
- PILLAR, V. D. 1988. **Fatores de ambiente relacionados à variação da vegetação de um campo natural**. 164 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.
- PILLAR, V. D. 1999. How sharp are classifications? **Ecology**, v. 80, n. 8, p. 2508-2516.
- _____. 2004a. **MULTIV**: aplicativo para análise multivariada e teste de hipóteses – versão 2.3.3. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Ecologia.
- _____. 2004b. **SYNCOSA**: software integrado para análise multivariada de comunidades baseada em caracteres, dados de ambiente, avaliação e testes de hipóteses – versão 2.2.3. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Ecologia.
- PILLAR, V. D.; ORLÓCI, L. 1993. **Character-based community analysis: the theory and an application program**. The Hague: SPB Academic Publ. 270 p. (Ecological Computations Series, 5).
- _____. 1996. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. **Journal of Vegetation Science**, v. 7, n. 4, p. 585-592.
- PODANI, J. 1994. **Multivariate data analysis in ecology and systematics**. The Hague: SPB Academic Publ. 316 p.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura. 1979. **Observações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre. 270 p.
- ROBERTS, H. A. 1981. Seed bank in soils. **Advances in Applied Biology**, v. 6, n. 1, p. 1-55.
- SANTOS, H. P.; AMBROSI, I.; LHAMBY, J. C. B.; CARMO, J. C. B. 2002. Análise econômica de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 8, n. 1-2, p. 103-110.
- THEISEN, G.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. 2000. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 753-756.
- VAN DER MAAREL, E. 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. **Vegetatio**, v. 2, n. 39, p. 97-114.

Trabalho recebido em 12.1.2005. Aceito para publicação em 25.X.2005.

