

ARTIGO DE REVISÃO

Bancos de sementes do solo em áreas agrícolas: potencialidades de uso e desafios para o manejo

Rodrigo Favreto¹ e Renato Borges de Medeiros²

Resumo - Os bancos de sementes no solo em áreas agrícolas representam dificuldades de manejo, devido à presença de espécies espontâneas que competem com os cultivos. Estas diversas espécies têm sido referidas na literatura como plantas "daninhas" ou "invasoras". Neste grupo, podem estar presentes sementes de espécies de valor ecológico e econômico, desejáveis como adubação verde, forragem ou outros usos. O conhecimento da composição e da dinâmica desses bancos de sementes pode contribuir para o aperfeiçoamento do manejo integrado das plantas espontâneas e de sementes de plantas desejáveis que possam ressemeiar naturalmente. Práticas de manejo das áreas agrícolas podem ser eficientes para a redução dos bancos de sementes de plantas "daninhas", mas ao mesmo tempo devem preservar as sementes de plantas que apresentam algum potencial de uso. Este trabalho tem por objetivo revisar alguns aspectos sobre esse tema, fornecendo indicativos de manejo na busca da sustentabilidade agropecuária.

Palavras-chave: integração lavoura-pecuária, manejo, planta espontânea, planta invasora, plantas daninhas, ressemeadura natural, sementes enterradas.

Soil seed banks in croplands: potentialities of use and challenges on management

Abstract - The soil seed banks in croplands represent management difficulties due to the presence of spontaneous species that compete with the crops. Literature generally refers to this diverse group of species as "weed." This group includes seeds of species with ecological and economic value, desirable as green manure, forage, or other uses. Knowing the composition and the dynamics of these seed banks can contribute to improve the integrated weed management and natural reseeding. Management practices can contribute to reduce the weed soil seed banks, but at the same time it should preserve the seeds from plants that show some potential use. The objective of this work is to review some aspects of this subject, providing indications of management on the search for sustainable agriculture.

Key words: crop-grazing integration, management, spontaneous plant, invasive plant, weeds, natural re-seeding, buried seeds.

¹ Eng. Agr., MSc. FEPAGRO Litoral Norte, Rodovia RS 484, Km 05, CEP 95530-000, Maquiné/RS. rfavreto@fepagro.rs.gov.br.

² Eng. Agr., PhD., Professor Adjunto, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia - UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre/RS. medeiror@orion.ufrgs.br.

Recebido para publicação em 08/03/2004

Introdução

As comunidades naturais, na ausência de intervenção humana, tendem a adquirir maturidade e evoluir para a estabilidade e complexidade (SKÓRA NETO, 1993). A ação do homem, estabelecendo áreas cultivadas relativamente simples quanto ao número de espécies, forma agrobioscenoses com maturidade pouco elevada, nas quais as flutuações populacionais são freqüentes e intensas (DAJOZ, 1978). As plantas espontâneas, muitas vezes denominadas plantas adventícias (GLIESSMAN, 2001) ou infestantes (DEUBER, 1997), encontram ali ambiente favorável à sua proliferação, competindo com os cultivos por recursos do ambiente, provocando uma tendência de complexidade no ambiente.

Para a redução da competição por plantas espontâneas, na grande maioria das lavouras, recorre-se aos herbicidas devido à sua eficiência no controle destas plantas. Além dos problemas de degradação ambiental (HALBERG, 1989) e de resíduos tóxicos em alimentos, somente no Brasil há um dispêndio financeiro anual de mais de 1,3 bilhão de dólares nesses produtos (IBGE, 1999). Estes problemas se agravam na medida em que aumenta o número de agricultores que adotam os herbicidas como única forma de controle de plantas espontâneas. Esta tendência de uso massivo se comprova pelo constante crescimento do consumo destes produtos (IBGE, 1999). Entretanto, as plantas espontâneas continuam exercendo grande efeito negativo sobre a produtividade dos cultivos em todo o mundo. Estas podem reduzir o rendimento dos cultivos de forma linear (FLECK, 1996) e até logarítmica (FORCELLA et al., 1993). O valor das perdas em colheitas é estimado em 15 a 20 % nas regiões temperadas e entre 25 a 30 % nas regiões tropicais (FLECK, 1992).

Nessas mesmas áreas, muitas vezes se busca acúmulo de sementes de outras espécies espontâneas, que poderão servir na redução de custos em sistemas de rotação de culturas com pastagens, adubações verdes ou outras finalidades. Ainda há outras espécies que são consideradas como invasoras, mas poderiam ser categorizadas como criptogênicas (CARLTON, 1996). Estas, embora tenham ampla distribuição, são pouco perceptíveis, pois aparentemente apresentam baixo potencial invasivo. De modo geral a literatura as refere como cosmopolitas, mas sem estabelecer discussão adi-

cional (CARLTON, 1996).

Há portanto a necessidade de transformar essas lavouras ecologicamente debilitadas em agroecossistemas sustentáveis, através do manejo integrado de plantas espontâneas, reduzindo a utilização dos agrotóxicos. FORCELLA (1996) sugere que devem ser desenvolvidas e adotadas práticas de manejo que possibilitem conviver com os bancos de sementes do solo (BSS) das plantas espontâneas sem prejuízos aos cultivos agrícolas, ao invés de tentar eliminá-los. Para tanto, são necessários maiores conhecimentos em biologia e ecologia das referidas plantas espontâneas e sua dinâmica no agroecossistema. Estudos de BSS possibilitam conhecer melhor a dinâmica de todas essas espécies em meio cultivado, além de espécies forrageiras, gramíneas e leguminosas, cuja presença pode ser importante para sistemas de rotação de culturas com pastagens.

Banco de sementes do solo

É reconhecido que em qualquer habitat de plantas superiores existem sementes no solo, normalmente referidas como banco de sementes do solo. Eles foram definidos por ROBERTS (1981) como a reserva de sementes viáveis enterradas no solo e em sua superfície, ou seja, uma "fração latente" da vegetação, como sugerido em FAVRETO et al. (2000), ou "comunidade passiva", sugerido por FLECK (1992). Este conjunto de sementes, juntamente com estruturas vegetativas, assegura a regeneração das espécies.

THOMPSON e GRIME (1979) reconhecem quatro tipos de bancos de sementes em áreas agrícolas, que se dividem em dois grupos principais: transitórios e persistentes. Nos transitórios, dificilmente as sementes persistem viáveis no solo por mais de um ano, e são representadas essencialmente por espécies perenes, com excessão de algumas espécies anuais como o azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) (MAJOR e PYOTT, 1966; MARAÑÓN e BARTOLOMEO, 1989). A maioria das sementes dos bancos transitórios estão adaptadas a explorar espaços abertos decorrentes de distúrbios previsíveis no tempo. No caso dos persistentes, uma fração do banco de sementes geralmente permanece viável no solo por mais de um ano, ou seja, as sementes persistem por períodos mais longos. Este grupo é representado geral-

mente por espécies características de ambientes sujeitos a distúrbios imprevisíveis no tempo e no espaço. Em geral, no primeiro grupo, as sementes acumuladas são de espécies anuais e de início de sucessão, enquanto que no segundo grupo as espécies são perenes e de final de sucessão. Normalmente os BSS são considerados uma mistura de bancos transitórios e persistentes (HARPER, 1977; THOMPSON e GRIME, 1979; FENNER, 1995).

Os BSS constituem-se em importante reserva de variabilidade genética das comunidades vegetais (MCGROW, 1987; SIMPSON et al., 1989), influenciando a velocidade das mudanças genotípicas das populações de plantas. Seu tamanho e composição de espécies variam de acordo com o local e as práticas de manejo adotadas (MEDEIROS e STEINER, 2002). Em algumas situações, encontra-se um elevado número de sementes no solo, como no caso de cultivos de arroz no Vietnã que apresentaram mais de 260 mil sementes por metro quadrado (HACH et al., 2000), apesar da maioria dos solos cultivados apresentar números bem inferiores (ROBERTS, 1981). Da mesma forma, a longevidade das sementes pode ser variável de acordo com características da espécie, manejo utilizado e ambiente edafoclimático. Variações climáticas anuais afetam a emergência de muitas espécies (VOLL et al., 1996), indicando a necessidade de estudos de predição de germinação e emergência, onde temperatura e umidade do solo são variáveis chaves.

As sementes de espécies espontâneas apresentam características distintas de sobrevivência em função do manejo de solo, da sazonalidade e das suas características próprias (VOLL et al., 2001). Assim, características morfogênicas ou fatores ambientais (luz, umidade, gases, flutuações térmicas, etc.) determinam uma maior ou menor taxa de exaustão do BSS. Dentre estes fatores de ambiente, alguns podem ser manejados e, de certa forma, características morfogênicas também podem ser manejadas, através da pressão de seleção por rotações de culturas, herbicidas e outras práticas de manejo.

Sementes que estão em maiores profundidades no solo geralmente possuem maior longevidade (ROBERTS, 1981; FENNER, 1995) e maior dormência (THEISEN e VIDAL, 1999). As sementes apresentam também concentração horizontal variável, com maior agregação próxima às plantas-mãe ou por causa de outros fatores. Sementes

de menor tamanho são geralmente mais longevas e, portanto, mais persistentes no solo (THOMPSON e GRIME, 1979). A longevidade está, em muitos casos, associada ao fácil enterrio, registrado em sementes de pequeno tamanho (FENNER, 1995).

Manejo dos bancos de sementes

É amplamente reconhecido que devem ser sempre tomadas medidas preventivas de introdução de sementes, para evitar a formação de BSS de espécies altamente competitivas como capim-papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch), *Digitaria* spp., capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees.), entre outras, impossibilitando ou pelo menos retardando a imigração de sementes dessas espécies (FLECK, 1992). Geralmente, o transporte de animais, máquinas, ferramentas, sementes das culturas e pessoas são eficientes dispersores das sementes dessas espécies.

A redução do tamanho do BSS de plantas espontâneas, através de práticas de manejo tem sido buscada permanentemente em solos cultivados. Muitos pesquisadores de vários países têm demonstrado estreitas relações entre variações nos BSS e as práticas de manejo adotadas (ROBERTS, 1981; FELDMAN et al., 1997; MEDEIROS e STEINER, 2002; ALBRECHT, 2002). Pesquisadores têm sugerido o controle integrado de plantas espontâneas, com vistas a reduzir o uso de herbicidas (SWANTON e MURPHY, 1996; MULUGETA e STOLTENBERG, 1997). A aplicação estratégica de herbicidas no momento da germinação de espécies espontâneas, rotações de culturas, manejo do resíduo de pós-colheita, cultivo mínimo (MEDEIROS e STEINER, 2002), e sistemas de controle físico podem contribuir para uma menor utilização de agrotóxicos.

Em geral solos mantidos sob contínuo processo de aração apresentam grandes BSS (FENNER, 1995) e sua composição é mais rica do que a composição da vegetação existente (SYMONIDES, 1986). Ao mesmo tempo, esse plantio através de revolvimento do solo com máquinas agrícolas promove a germinação de muitas sementes (BLANCO e BLANCO, 1991; RODRIGUES et al., 2000). Este estímulo é causado por efeitos do distúrbio no solo (alterações de flutuações térmicas, luminosidade, gases, entre outros) sobre a germinação de muitas espécies

(EGLEY, 1986). Dessa forma, sistemas de preparo de solo onde há revolvimento poderiam favorecer o estabelecimento de mais indivíduos de plantas espontâneas e, posteriormente, estas viriam a produzir mais sementes, reabastecendo o BSS. No entanto, se é adotada alguma forma de controle químico ou mecânico sobre esta vegetação emergente, o BSS pode reduzir consideravelmente.

BRACCINI e OLIVEIRA JÚNIOR (2002) sugerem a pesquisa e a utilização de produtos químicos, como o etileno, para estímulo à germinação uniforme das sementes, visando posterior controle das plântulas com herbicidas, como é feito em alguns casos nos Estados Unidos da América. Entretanto, são alternativas caras e que podem aumentar a dependência dos agricultores por produtos químicos.

A maioria das plantas espontâneas presentes no BSS em solo cultivado é anual. Estas normalmente respondem por 95 % ou mais do total de sementes presentes no banco. Em certas situações, uma ou duas espécies podem responder por cerca de 80 % do total de sementes presentes no banco (BARRALIS et al., 1988). As espécies perenes são, via de regra, subrepresentadas nestes ambientes perturbados.

Mudanças temporais podem ocorrer no banco de sementes de plantas espontâneas em função de práticas agrônômicas, como a rotação de culturas e métodos de preparo do solo (CHAUVEL et al. 1989; MEDEIROS e STEINER, 2002). As práticas de cultivo influenciam a distribuição vertical e a densidade de plantas plantas espontâneas (BUHLER, 1995; FAVRETO et al., 2003b). O preparo reduzido e a semeadura direta tendem a deixar as sementes próximas à superfície do solo, onde a maioria passa a ter condições ambientais favoráveis à germinação e estabelecimento (YENISH et al., 1992; BUHLER, 1995). Em sistemas de plantio direto, 60 % de todas as sementes presentes no perfil do solo encontram-se localizadas a 1 cm de profundidade, com poucas sementes abaixo de 10 cm (YENISH et al., 1992; VOLL et al., 1995). Nas mesmas condições de preparo de solo, PAREJA et al. (1985) encontraram 85 % das sementes localizadas nos primeiros 5 cm de profundidade, mas somente 28 % após o preparo com grade aradora. Em preparo de solo com arado de aiveca, somente 30 % das sementes de plantas espontâneas são encontradas na parte superficial, a 1 cm de profundidade (YENISH et al., 1992). Con-

tudo, em solos sujeitos a distúrbios intensos e frequentes, como aração e gradagem em cada estação, o BSS distribui-se de forma mais ou menos uniforme no perfil do solo (FELDMAN et al., 1997). Resultados semelhantes foram encontrados na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul (FAVRETO et al., 2003b).

FELDMAN et al. (1997) demonstram que em sistemas de plantio sem revolvimento do solo (menor distúrbio), as sementes tendem a se concentrar nos primeiros centímetros do solo e apresentar maior diversidade de espécies (CARDINA et al., 1991), semelhante ao que ocorre em ecossistemas naturais (ROBERTS, 1981; MEDEIROS, 2000). Nessas menores profundidades, geralmente há maior atividade microbiológica que pode interagir com as sementes e causar maiores taxas de quebra de dormência ou destruição destas (KREMER, 1993; PITY et al., 1987), ou seja, uma dinâmica mais acelerada do banco de sementes. Estes são dados importantes, visto que na última década, grande parte da área agrícola brasileira passou a ser semeada com menor distúrbio do solo.

KARSSEN e HILHORST (1993) consideram a ação do nitrato no solo como estimulante na remoção da dormência e conseqüente germinação das sementes. BEKKER et al. (1998) registraram a redução da viabilidade de sementes com uma maior disponibilidade de nutrientes no solo, o que provavelmente ocorreu por causa do estímulo à decomposição por microrganismos. Assim, em situações de semeadura direta, onde reconhecida-mente há uma maior concentração de nutrientes nos primeiros centímetros do solo, haverá tanto estímulo à germinação quanto à destruição de sementes. Desse modo, parece adequado utilizar semeadura direta, porém com grande quantidade de cobertura morta para inibir a germinação de sementes (FENNER, 1980).

VOLL et al. (1995) apresentam resultados de cinco anos sobre manejo de solo com utilização de herbicidas e aplicação de calcário. O banco de sementes de capim-papuã sem uso de herbicidas foi reduzido em 50 a 70 % após a aplicação e incorporação de calcário antes da implantação da cultura do trigo no inverno, em Minas Gerais. Os autores discutem a possibilidade do calcário poder interagir com o solo e melhorar suas condições biológicas, o que estimularia a atividade de microrganismos consumidores de sementes ou que pro-

vocariam remoção de dormência, tema que é revisado e discutido por KREMER (1993). Esta remoção de dormência em época desfavorável para a espécie provocaria exaustão do banco de sementes, reduções nas taxas de estabelecimento de plântulas e de multiplicação da espécie. Por outro lado, somente movimentações anuais do solo para implantação da cultura do trigo não provocaram semelhantes reduções do banco de sementes do solo (VOLL et al., 1995).

Neste mesmo trabalho, o estabelecimento das culturas de verão sem revolvimento do solo (semeadura direta e preparo reduzido) apresentou maiores taxas de reinfestação em relação ao estabelecimento com revolvimento. Isto, provavelmente, seria devido a uma maior concentração das sementes na superfície do solo, no primeiro caso, que teriam mais facilmente removida sua dormência. Todavia, com a aplicação de herbicidas nestes métodos de preparo de solo, o sistema sem revolvimento apresentou maior redução do BSS em relação ao cultivo com revolvimento.

ALBRECHT (2002) registrou o aumento do BSS após a conversão de um sistema de produção agrícola convencional para o sistema orgânico. Porém, algumas práticas de manejo, como o uso de adubações verdes, se mostraram eficientes na redução do BSS. O conhecimento da dinâmica dos BSS em sistemas de cultivos orgânicos ainda é incipiente. Todavia, com base na associação positiva entre a matéria orgânica e a atividade microbiológica do solo, especula-se que haveria uma condição ambiental favorável à predação de sementes e à ação de compostos alelopáticos sobre a germinação e o estabelecimento de plântulas (MOHLER, 2001), aumentando a taxa de exaustão dos BSS.

FENNER (1980) observou que o sombreamento de folhas inibia a germinação de sementes, fornecendo evidências de que a presença de vegetação pode prevenir a germinação de sementes que estão próximas ou na superfície do solo. Neste sentido, têm-se semeado espécies como aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) durante o inverno, para que sirvam de adubação verde e cobertura morta no solo durante o verão.

ARGENTA et al. (2001) demonstram que o rebaixe das plantas de cobertura para que fiquem em contato com o solo proporciona redução da incidência de plantas espontâneas. Os mesmos au-

tores levantam hipóteses de que este fato poderia ser devido a fatores físicos (sombreamento, temperatura e umidade) e de efeitos alelopáticos. THEISEN et al. (2000) concluem que o incremento da cobertura do solo com resíduos de aveia-preta reduz de forma exponencial a presença de capim-papuã. Também têm sido observado efeitos semelhantes causados por algumas leguminosas estivais utilizadas como adubação verde em cultivos anuais (MARENCO e SANTOS, 1999; FAVERO et al., 2001; SEVERINO e CHRISTOFFOLETI, 2001).

Entretanto, se a mesma prática de manejo for adotada continuamente, pode haver seleção de plantas que se adaptem a essa nova situação de manejo, proliferando-se novamente. As rotações de culturas e rotações de práticas de manejo podem reduzir este efeito. As rotações de culturas rompem com a continuidade da dominância de algumas espécies espontâneas nas áreas agrícolas e desaceleram o crescimento dessas populações (BALL, 1992), podendo modificar a composição de espécies dos bancos de sementes (MEDEIROS e STEINER, 2002). Menores densidades de sementes de espécies espontâneas são geralmente encontradas em lavouras com rotações de cultura do que em situações de monocultura em seqüência (HERMS et al., 2000).

O uso de herbicidas para controlar plantas espontâneas em diferentes sistemas de rotação é um componente de uso corrente em cultivos agrícolas (BUHLER, 1995). Aplicações repetidas de uma única formulação de herbicida raramente controlam todas as espécies espontâneas quando usadas na dose seletiva (ROBERTS, 1981), além de promoverem o aparecimento de espécies resistentes a esses produtos (MAXWELL et al., 1990).

Durante as últimas décadas tem se acentuado os problemas de resistência de plantas espontâneas aos herbicidas. Uma das estratégias para minimizar este problema é a rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Quando uma espécie apresenta baixa longevidade e baixa dormência, ou seja, alta taxa de germinação, significa que a quantidade de sementes do biótipo suscetível a herbicidas no banco de sementes do solo é baixa ou tende a se reduzir com o tempo. Assim, quando um biótipo sobrevive no ambiente e produz sementes, a quantidade de sementes deste biótipo resistente será proporcionalmente alta, acelerando

o surgimento de indivíduos resistentes. Alternativamente, quando uma espécie apresenta alta dormência e grande longevidade das sementes, o surgimento da resistência será mais demorado e o manejo do biótipo resistente deverá considerar estratégias a longo prazo (VIDAL, 1997).

As consorciações de culturas, como milho e feijão, e os consórcios de culturas com adubações verdes (milho e mucuna) são apontados também como possibilidades para redução da infestação de plantas espontâneas (FLECK et al., 1984; SKÓRANETO, 1993). Os consórcios tendem a promover maior cobertura do solo (FLECK et al., 1984) e, portanto, maior sombreamento, o que inibiria a germinação de sementes (FENNER, 1980). Além disso, o sombreamento pode inibir a habilidade competitiva de plantas espontâneas que porventura venham a germinar e se estabelecer, pois as culturas de forma consorciada aproveitam melhor os recursos (WILLEY e OSIRU, 1972).

Integração lavoura-pecuária

A sustentabilidade de sistemas de integração lavoura-pecuária pode ser caracterizada com base em dois componentes: a) o ajuste da fase de lavoura com a fase de pastagem; b) e a necessidade de utilização de práticas conservacionistas para não comprometer a perenidade dos recursos naturais. Uma das práticas que é apontada como desejável é um manejo que proporcione ressemeadura natural de pastagens introduzidas, como é o caso do azevém anual. Nesta situação, se estabelece uma aparente contradição, pois de um lado se busca a acumulação no solo de sementes de espécies forrageiras introduzidas e, de outro lado, na fase de lavoura, procura-se reduzir ao mínimo a presença de sementes de outras espécies que possam apresentar qualquer possibilidade de competição com a cultura em questão (MEDEIROS, 2000). No caso do sistema soja-pastagem de inverno, já tradicional no Sul do Brasil, muitos agricultores já encontraram uma situação de "harmonia" neste aparente conflito, onde o azevém anual produz sementes no final do inverno, que permanecem no solo, germinando no fim do ciclo da soja. Outra combinação bem sucedida técnica e economicamente é o cultivo de trigo em rotação com pastagens de leguminosas ressemeadas naturalmente (*Trifolium subterraneum* L., *Medicago* spp., entre outras),

encontrado no sul da Austrália, norte da África e oeste da Ásia (AMEZIANE et al., 1989). Uma situação ainda mais desafiadora para agricultores e pesquisadores do sul do Brasil, envolvidos com integração lavoura-pecuária, seria a inclusão de espécies leguminosas forrageiras dos gêneros *Trifolium* sp., *Lotus* sp., entre outras, em programas de rotação de longo prazo (MEDEIROS, 2000).

A utilização de pastagens em rotação também pode contribuir para a redução da quantidade de plantas espontâneas e, conseqüentemente, de seu BSS. A utilização de trevo branco (*Trifolium repens* L.) em sistemas de produção de sementes de gramíneas temperadas nos EUA reduziu drasticamente o BSS de *Poa annua* L. (MEDEIROS e STEINER, 2002). Nas condições do Rio Grande do Sul, verificou-se que a incidência de arroz-vermelho (*Oryza sativa* L.) em meio ao arroz cultivado diminuiu em mais de 85 % após três anos de pastagens cultivadas de estação fria (*Trifolium nigrescens* L., *Trifolium vesiculosum* L., *Lotus corniculatus* L., *T. repens* L. e *L. multiflorum* Lam.), em várzea no Litoral Norte do Rio Grande do Sul (SAIBRO e SILVA, 1999).

No Sul do Brasil, o ecossistema pastoril de várzea representa uma área de 6,8 milhões de hectares (MAIA, 1999), sendo que deste total, no Rio Grande do Sul, 800 mil hectares são cultivados com arroz irrigado (REIS, 1999). Nestes locais, geralmente a cultura do arroz é alternada com períodos de descanso e subsequente regeneração parcial da vegetação natural, onde o BSS assume importância fundamental nesse processo.

Uma alternativa importante para as várzeas seria a recuperação parcial, mas rápida, do campo natural, hoje sensivelmente deteriorado, após o final do ciclo do arroz. Este fato contraria o que ocorreria nas restingas de arroz de duas décadas atrás, quando um maior período de descanso (pousio) permitia o retorno de uma flora mais diversa, com a presença de espécies de alta resposta animal (MAIA, 1999). Este autor tem observado que em locais de solos mais férteis ainda se observa o aparecimento de muitas espécies nativas consideradas de alto valor forrageiro (*Paspalum modestum* Mez., *P. lividum* Trin., *Axonopus affinis* Chase, *Desmodium adscendens* (Sw.) DC., entre outras) no início da sucessão secundária.

Em trabalho realizado na Depressão Central do Rio Grande do Sul, FAVRETO et al. (2003a) verificaram que a persistência de *Desmodium*

incanum (Sw.) DC. em áreas agrícolas com menor revolvimento do solo (semeadura direta) foi maior do que em áreas com maior revolvimento de solo, indicando possibilidades de manejo para a manutenção de espécies de interesse, apesar dos autores terem detectado um número muito reduzido de sementes no solo dessa espécie, na área estudada. Neste caso, há a possibilidade de que propágulos vegetativos tenham resistido aos herbicidas e proporcionado a manutenção da espécie na área. A presença de poucas sementes no BSS pode ser atribuída à estação do ano na qual as amostras foram coletadas, ao método de coleta e a determinação do BSS (MAIA, 2002).

Em outra situação, no caso de provável abandono de cultivos de grãos, conjectura-se a possibilidade da recuperação da vegetação campestre nativa através do BSS. A dependência do BSS para a revegetação natural é maior, pois a maioria dos propágulos vegetativos teriam sido destruídos pelo cultivo. Após o abandono dessas áreas, a restauração natural estará limitada à habilidade de dispersão das espécies nativas das proximidades (BAKKER et al., 1997), e de estabelecimento após a dispersão (SCHOTT e HAMBURG, 1997). GRAHAM e HUTCHINGS (1988) demonstram em seu trabalho que, em áreas anteriormente cultivadas, poucas espécies encontradas no BSS eram de espécies nativas, e estas não caracterizavam a associação da comunidade original.

Alguns estudos na Europa e Estados Unidos (GRAHAM e HUTCHINGS, 1988; HUTCHINGS e BOOTH, 1996; BAKKER et al., 1997; SCHOTT e HAMBURG, 1997) demonstram os efeitos desse tipo de distúrbio sobre os BSS e sobre a "chuva de sementes" de comunidades campestres. Em todos esses trabalhos, o banco de sementes de espécies nativas foi consideravelmente reduzido após algum tempo de cultivo (10 anos), havendo a substituição por espécies anuais espontâneas típicas de ambientes perturbados pelo cultivo continuado. HUTCHINGS e BOOTH (1996) atribuem essa redução de sementes ao fato de que a maioria das espécies desse tipo de vegetação campestre possui BSS do tipo transitório, não havendo reposição dessas sementes nestes ambientes. Este é um tema que necessita ser examinado nas condições ambientais do bioma Campos do Sul do Brasil.

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 e SLATYER, 1977). A presença de sementes viáveis no solo determinaria a direção da sucessão (ROBERTS, 1981), podendo a sua trajetória ser alterada por distúrbios como o cultivo. Neste caso, a disponibilização de sementes de espécies nativas "chave" (dominantes) seria uma oportunidade para os agricultores acelerarem a recuperação dos Campos.

Conclusões

De maneira geral, as pesquisas e experiências de agricultores demonstram que o uso de rotações de culturas, uso de adubações verdes e rotações com pastagens podem reduzir a incidência de plantas espontâneas indesejáveis. Entretanto, embora se disponha de um razoável acervo bibliográfico sobre BSS, ainda existe a necessidade de informações básicas sobre dinâmica e funcionamento dos BSS, tais como: taxas de entrada e saída de sementes, período de viabilidade das sementes de cada espécie, causas da mortalidade, movimento das sementes no solo, fluxos das frações de sementes dormentes e não dormentes, contribuição de sementes recém dispersas e envelhecidas para a comunidade vegetal presente, respostas das sementes aos efeitos dos distúrbios bióticos e abióticos (flutuações das variáveis ambientais), relações dos BSS com a dinâmica da vegetação, predição da germinação. A complexidade do que hoje se está chamando de ecologia funcional de BSS conduz ao uso de modelos de predição do comportamento dos BSS. A maior limitação ao desenvolvimento desses modelos reside na dificuldade de obtenção de um volume razoável de dados sobre bancos de sementes, uma vez que para tal são necessários estudos de longo prazo.

Enquanto a pesquisa não coloca estes conhecimentos à disposição dos agricultores, as experiências exitosas de manejo de bancos de sementes em uso devem ser diagnosticadas e difundidas. É essencial, portanto, que pesquisadores e extensionistas verifiquem a contribuição destas práticas, recomendando aquelas mais adequadas para cada realidade social e econômica.

Referências

- ALBRECHT, H. Development of the arable weed seed bank during six years after the change from conventional to organic farming. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 45, 2002, Porto Alegre. Abstracts... Porto Alegre: IAVS, 2002. p. 147.
- AMEZIANE, T.; MAZHAR, M.; BERKAT, O. Seed reserve and self-regeneration of annual medics pasture in a Mediterranean environment. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16., 1989, Nice. Anais... Nice: IGC, 1989, p. 1545-1546.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle de capim-papuã. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 851-860, 2001.
- BAKKER, J. P.; BAKKER, E. S.; ROSÉN, E.; VERWEIJ, G. L. The soil seed bank of undisturbed and disturbed dry limestone grassland on Öland (Sweden). *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, München, v. 6, p. 9-18, 1997.
- BALL, D. A. Weed seed bank response to tillage, herbicide and crop rotation sequence. *Weed Science*, Lawrence, v. 40, p. 654-659, 1992.
- BARRALIS, G.; CHADOUEF, R.; LOCHAMP, J. P. Longeté des semences des mauvaises herbes annuelles dans un sol cultivé. *Weed Research*, Oxford, v. 28, n. 6, p. 407-418, 1988.
- BEKKER, R. M.; KNEVEL, I. C.; TALLOWIN, J. B. R.; TROOST, E. M. L.; BAKKER, J. P. Soil nutrient input effects on seed longevity: a burial experiment with fen-meadow species. *Functional Ecology*, v. 12, p. 673-682, 1998.
- BLANCO, H. G.; BLANCO, F. M. G. Efeito do manejo de solo na emergência de plantas daninhas anuais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 2, p. 215-220, 1991.
- BRACCINI, A. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Banco de sementes da flora daninha no solo e sua importância no manejo de invasoras e nos estudos de tecnologia de sementes. *Informativo ABRATES*, Londrina, v. 12, n. 1, 2, 3, p. 56-65, 2002.
- BUHLER, D. D. Influences of tillage systems on weed population dynamics and management in corn soybean in the Central USA. *Crop Science*, Madison, v. 35, p. 1247-1258, 1995.
- BUISSON, E.; DUTOIT, T.; TATONI, T. Establishment mode of keystone species in plant communities: application to restoration ecology. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 45., 2002, Porto Alegre. Abstracts... Porto Alegre: IAVS, 2002.
- CARDINA, J.; REGNIER, E.; HARRISON, K. Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Science*, Lawrence, v. 39, p. 186-194, 1991.
- CARLTON, J. T. Biological invasions and cryptogenic species. *Ecology*, New York, v. 77, n. 6, p. 1653-1655, 1996.
- CHAUVEL, B. J.; GASQUEZ, J.; DARMENCY, H. Changes in weed seed bank parameters according to species, time and environment. *Weed Research*, Oxford, v. 29, p. 213-219, 1989.
- CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community and organization. *American Naturalist*, New York, v. 111, p. 1119-1144, 1977.
- DAJOZ, R. *Ecologia geral*. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1978. 472 p.
- DEUBER, R. *Ciência das plantas infestantes: manejo*. v. 2. Campinas: Editora do Autor, 1997. 285 p. il.
- EGLEY, G. H. Stimulation of weed seed germination in soil. *Weed Science*, Lawrence, v. 2, p. 67-89, 1986.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, 2001.
- FAVRETO, R.; MEDEIROS, R. B.; PILLAR, V. D. P. Composição do banco de sementes do solo de um campo natural em diferentes intensidades de pastejo e posições do relevo. In: REUNIÃO TÉCNICA DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL - ZONA CAMPOS, 18., 2000, Guarapuava. Anais... Guarapuava: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 2000. p. 233-235.
- FAVRETO, R.; MEDEIROS, R. B.; LEVIEN, R. Influência de práticas de manejo em cultivos em sucessão sobre a persistência de 'Desmodium incanum' em área anteriormente ocupada por vegetação campestre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003a.
- FAVRETO, R.; MEDEIROS, R. B.; LEVIEN, R.; OLMEDO, M. O. M.; STOLZ, A. P.; BRACK, S. C. F. Banco de sementes do solo de *Brachiaria plantaginea* (capim-papuã) em área agrícola sob diferentes sistemas de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 13., Gramado, 22 a 26 de Setembro de 2003. Informativo ABRATES, Londrina, v. 13, n. 3, p. 471, 2003b. Resumo n. 808.

BANCOS DE SEMENTES DO SOLO EM ÁREAS AGRÍCOLAS: POTENCIALIDADES DE USO E DESAFIOS
PARA O MANEJO

- FELDMAN, S. R.; ALZUGARAY, C.; TORRES, P. S.; LEWIS, P. The effect of different tillage systems on the composition of the seedbank. *Weed Research*, Oxford, v. 37, p. 71-76. 1997.
- FENNER, M. The inhibition of germination of *Bidens pilosa* seeds by leaf canopy shade in some natural vegetation types. *New Phytologist*, Lancaster, v. 84, p. 95-101, 1980.
- FENNER, M. Ecology of seed banks. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.) *Seed development and germination*. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 507-528.
- FLECK, N. G.; MACHADO, C. M. N.; SOUZA, R. S. Eficiência da consorciação de culturas no controle de plantas daninhas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 5, p. 591-598. 1984.
- FLECK, N. G. Interferência de papuã (*Brachiaria plantaginea*) com soja e ganho de produtividade obtido através do seu controle. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 63-68, 1996.
- FLECK, N. G. Princípios do controle de plantas daninhas. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1992. 70p.
- FORCELLA, F.; ERADAT-OSKOU, K.; WAGNER, S. W. Application of weed seedbank ecology to low-input crop management. *Ecological Applications*, Washington, v. 3, n. 1, p. 74-83, 1993.
- FORCELLA, F.; DURGAN, B. R.; BUHLER, D. D. Management of weed seedbanks. In: INTERNATIONAL WEED CONTROL CONGRESS, 2., 1996, Copenhagen. Abstracts... Corvallis: WSSA, 1996.
- GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2001. 653 p. il.
- GRAHAM, D. J.; HUTCHINGS, M. J. Estimation of the seed bank of a chalk grassland ley established on former arable land. *Journal of Applied Ecology*, London, v. 25, n. 241-252, 1988.
- HACH, C. V.; CHIN, D. V.; NHIEM, N. T.; MORTIMER, M.; HEONG, K. L.; NAM, N. T. H. Effect of tillage practices on weed infestation and soil seed banks in wet-seeded rice. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., 2000, Foz do Iguaçu. Abstracts... Corvallis: WSSA, 2000. p. 51-52.
- HARPER, J. L. *Population biology of plants*. Great Britain: Academic Press, 1977. 892 p. il.
- HALBERG, G. R. Pesticide pollution of groundwater in the humid United States. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Oxford, v. 26, p. 299-367, 1989.
- HERMS, C. P.; DOOHAN, D. J.; CARDINA, J. The impact of agronomic practices on the weed seed bank. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3., 2000, Foz do Iguaçu. Abstracts... Corvallis: WSSA, 2000. p. 7.
- HUTCHINGS, M. J.; BOOTH, K. D. Studies on the feasibility of re-creating chalk grassland vegetation on ex-arable land. I. The potential roles of the seed bank and the seed rain. *Journal of Applied Ecology*, London, v. 33, p. 1171-1181, 1996.
- IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil*. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento e Orçamento, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1999. v. 59
- KARSSSEN, C. M.; HILHORST, H. W. M. Effect of chemical environment of seed germination. In: FENNER, M. (Ed.) *Seed: the ecology of regeneration in plant communities*. Wallingford: CAB International, 1993. p. 327-348.
- KREMER, R. J. Management of weed seed banks with microorganisms. *Ecological Applications*, Tempe, v. 3, n. 1, p. 42-52, 1993.
- MAIA, F. C. Padrões de variação do banco de sementes do solo em função de fatores edáficos e da vegetação de um campo natural. 2002. 185 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.
- MAIA, M. S. *Integração arroz x pastagem no ecossistema de planossolos no Rio Grande do Sul*. Uruguaiana: Pontifícia Universidade Católica, 1999. 10 p. Trabalho apresentado na 17ª Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul - Zona Campos: Integração Arroz Pastagem no Ecossistema Campos, Uruguaiana, 1999.
- MAJOR, J.; PYOTT, W. T. Buried, viable seed in two California bunchgrass sites and their bearing on the definition of flora. *Vegetatio: Acta Geobotanica*, The Hague, v. 69, p. 253-282, 1966.
- MARAÑÓN, T.; BARTOLOMEO, J. W. Seed and seedling populations in two contrasted communities: open grassland and oak (*Quercus agrifolia*) understory in California. *Acta Oecologica Plantarum*, Paris, v. 10, p. 147-158, 1989.
- MARENCO, R. A.; SANTOS, A. M. B. Crop rotation reduces weed competition and increases chlorophyll concentration and yield of rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1881-1887. 1999.
- MAXWELL, B. D.; ROUSH, M. L.; RADOSEVICH, S. R. Predicting the evolution and dynamics of herbicide resistance in weed populations. *Weed Technology*, Lawrence, v. 4, p. 2-13, 1990.

- MCGROW, J. B. Seed bank properties of an Appalachian Sphagnum bog and the model of the depth distribution of viable seeds. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 65, p. 2028-2035. 1987.
- MEDEIROS, R. B. Bancos de sementes no solo e dinâmica vegetacional. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL - ZONA CAMPOS, 18., 2000, Guarapuava. Anais... Guarapuava: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 2000. p. 62-87.
- MEDEIROS, R. B.; STEINER, J. J. Influência de sistemas de rotação de sementes de gramíneas forrageiras temperadas na composição do banco de sementes invasoras no solo. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 24, n. 1, p. 118-128. 2002.
- MOHLER, C. L. Weed evolution and community structure. In: LIEBMAN, M.; MOHLER, C. L.; STAVER, C. P. *Ecological Management of Agricultural Weeds*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p. 444-493.
- MULUGETA, D.; STOLTENBERG, D. E. Weed and seedbank management with integrated methods as influenced by tillage. *Weed Science*, Lawrence, v. 45, p. 706-715. 1997.
- PAREJA, M. R.; STANFORTH, D. W. Soil-seed microsite characteristics in relation to seed germination. *Weed Science*, Lawrence, v. 33, p. 190-230, 1985.
- PITTY, A.; STANFORTH, D. W.; TIFFANY, L. H. Fungi associated with cariopees of *Setaria* species from field-harvested seeds and from soil under two tillage systems. *Weed Science*, Lawrence, v. 35, p. 319-323, 1987.
- REIS, J. C. L. Integração arroz x pastagem no ecossistema planícies costeiras (Grandes Lagoas) do Rio Grande do Sul. Uruguaiana: Pontifícia Universidade Católica, 1999. 15 p. Trabalho apresentado na 17ª Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul - Zona Campos: Integração Arroz Pastagem no Ecossistema Campos, Uruguaiana, 1999.
- ROBERTS, H. A. Seed bank in soils. *Advances in Applied Biology*, London, v. 6, p.1-55. 1981.
- RODRIGUES, B. N.; VOLL, E.; YADA, I. F. U.; LIMA, J. Emergência do capim-marmelada em duas regiões do Estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2363-2373, 2000.
- SAIBRO, J. C.; SILVA, J. L. S. Integração sustentável do sistema arroz x pastagens utilizando misturas forrageiras de estação fria no litoral norte do Rio Grande do Sul. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE. ÊNFASE: MANEJO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DE PASTAGENS, 4., 1999, Canoas. Anais... Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 1999.
- SCHOTT, G. W.; HAMBURG, S. P. The seed rain and the seed bank of an adjacent native tallgrass prairie and old field. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 75, p. 1-7, 1997.
- SKÓRA NETO, F. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 10, p. 1165-1171, 1993.
- SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com adubos verdes. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 3, p. 201-204, 2001. (nota)
- SIMPSON, R. L.; LECK, M. A.; PARKER, V. T. Seed banks: general concepts and methodological issues. In: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (Ed.) *Ecology of soil seed banks*. San Diego: Academic Press. p. 3-8, 1989.
- SWANTON, C. J.; MURPHY, S. D. Weed science beyond weeds: the role of integrated weed management (IWM) in agroecosystem health. *Weed Science*, Lawrence, v. 44, p. 437-445, 1996.
- SYMONIDES, E. Seed bank in old-field successional ecosystems. *Ekologia Polska*, Warszawa, v. 34, p. 3-29, 1986.
- THEISEN, G.; VIDAL, R. A. Viabilidade de sementes de papuã (*Brachiaria plantaginea*) e a cobertura do solo com palha. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 449-452, 1999.
- THEISEN, G.; VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia-preta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 4, p. 753-756, 2000.
- THOMPSON, K.; GRIME, J. P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, London, v. 67, p. 893-921. 1979.
- VIDAL, R. A. *Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas*. Porto Alegre: Ribas Antônio Vidal, 1997. 165 p. il.
- VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; KARAM, D. Dinâmica de populações de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. sob manejos de solo e de herbicidas. 1. Sobrevivência. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 12, p. 1387-1396, 1995.
- VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P.; KARAM, D. Dinâmica de populações de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. sob manejos de solo e de herbicidas. 2. Emergência. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 1, p. 27-35, 1996.

BANCOS DE SEMENTES DO SOLO EM ÁREAS AGRÍCOLAS: POTENCIALIDADES DE USO E DESAFIOS
PARA O MANEJO

VOLL, E.; TORRES, E.; BRIGHENTI, A. M.; GAZZIERO, D. L. P. Dinâmica do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 19, n. 2, p. 171-178, 2001.

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 79, p. 517-529, 1972.

YENISH, J. P.; DOLL, J. D.; BUHLER, D. D. Effect of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. **Weed Science**, Lawrence, v. 40, p.429-433, 1992.