

## Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira<sup>1</sup>

Antonio Alberto da Silva<sup>1</sup>; Leandro Galon<sup>2\*</sup>; Francisco Affonso Ferreira<sup>1</sup>; Siumar Pedro Tironi<sup>3</sup>; Evander Alves Ferreira<sup>2</sup>; Alexandre Ferreira da Silva<sup>3</sup>; Ignácio Aspiazú<sup>3</sup>, Ernani Luiz Agnes<sup>1</sup>

### RESUMO

A agricultura está entre as grandes intervenções do homem na natureza. O cultivo convencional, historicamente à base de fogo, arado e grade, sempre teve como objetivo limpar a superfície do solo e prepará-lo para o cultivo, sem a preocupação de conservá-lo. Grandes áreas agrícolas eram intensamente aradas e gradeadas e ficavam expostas à força dos diversos tipos de erosão, tendo como consequência a perda de milhares de toneladas de solo da camada arável e exaustão de a sua fertilidade. Na busca de alternativas para amenizar esse problema ambiental, produtores e pesquisadores desenvolveram o sistema de plantio direto da palha (SPD), cujo princípio básico é não revolver a terra. Atualmente, após 30 anos de sua implantação, essa prática é de uso comum na maioria das propriedades brasileiras, onde se cultivam grandes e pequenas áreas, não só para o controle da erosão, mas com várias outras vantagens, como redução acentuada dos gastos com combustíveis e de tempo, nas atividades agrícolas e menor incidências de pragas e doenças. Essas vantagens contribuem para redução dos custos de produção, aumento ou manutenção da produtividade das culturas, quando se compara esse sistema de cultivo com o plantio convencional (SPC), sendo uma das melhores alternativas para evitar-se a degradação dos recursos naturais. Entretanto, o SPD tem sido responsabilizado por modificações na biodiversidade de plantas daninhas e, também, alterações de inóculos de doenças e ainda mudanças quanto aos insetos-praga. Nesta revisão são discutidos os desafios da implantação do SPD, superados ao longo de 30 anos e, também, as sugestões para enfrentar os obstáculos que surgem a cada safra.

**Palavras-chave:** Sistema conservacionista, impacto ambiental, erosão do solo.

### ABSTRACT

#### No-tillage system and its impact on Brazilian agriculture

Agriculture is among the major interventions of man in nature. Conventional tillage, historically based on fire, plowing and harrowing, always aimed to clean and prepare the soil for cultivation, without the concern of conserving it. Large agricultural areas were intensely plowed and harrowed and were exposed to various types of erosion, resulting in the loss of thousands of tons of soil of the arable layer, depleting its fertility. In the search for alternatives to alleviate this environmental problem, producers and researchers have developed the no-tillage system (NTS), whose basic principle is not to disturb the soil. Nowadays, 30 years after its implementation, this practice is commonly used in most large and small Brazilian farms, not only to control erosion, but with several other advantages such as reduction in fuel expenditure and time spent in agricultural activities and lower incidence of pests and diseases. These advantages contribute to reduce production costs and increase or maintain crops productivity in comparison with the conventional

Recebido para publicação em março de 2009 e aprovado em maio de 2009

<sup>1</sup> Prof. Departamento de Fitotecnia (DFT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Av. P H Rolfs, s/n, Campus Universitário-36570-000 - Viçosa-MG; e-mails: lroberto@ufv.br; aasilva@ufv.br; agnes@ufv.br.

<sup>2</sup> Eng. Agr. D.Sc. Pós Doutorado DFT/UFV, Bolsista PDJ/CNPq-Brasil, Av. P H Rolfs, s/n, Campus Universitário -36570-000Viçosa-MG; Tel.: (31) 38991164; Fax.: (31) 38992642; e-mails: \*galonleandro@ig.com.br (autor para correspondência); evanderlves@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Eng. Agr. Doutorando DFT/UFV, Av. P H Rolfs, s/n, Campus Universitário -36570-000 - Viçosa-MG; e-mails: siumar.tironi@gmail.com; afsagro@yahoo.com.br.

tillage system (CTS), making it one of the best alternatives to prevent degradation of natural resources. However, NTS has been responsible for important changes in the biodiversity of spontaneous plant species as well as in disease inocula and even pest insects. This review discusses the challenges of implementing the NTS over the past 30 years and also the recommendations for overcoming obstacles that emerge every harvest season.

**Key words:** Conservation system, environmental impact, soil erosion.

## INTRODUÇÃO

Os primeiros relatos sobre o sistema de plantio direto (SPD) (Baker *et al.*, 1996) surgiram nos EUA, em função das tempestades de poeira, o que fez com que Edward H. Faulker escrevesse que *ninguém até hoje ofereceu razão científica para arar o solo*. Porém, as justificativas para arar e gradear o solo eram de que nos países de clima temperado, em virtude de o inverno rigoroso, o solo ficava coberto de neve e com temperaturas, em seu interior, muito baixas, o que dificultava a germinação das sementes. Assim, seu revolvimento e a exposição ao sol criavam condições favoráveis à germinação. Outro fator preponderante para o revolvimento do solo, naqueles países, era a ocorrência da infestação de plantas daninhas nas culturas, já que, na época, a disponibilidade de herbicidas era escassa e pouquíssimos eram seletivos às culturas e eficazes no controle das espécies infestantes. No caso dos países tropicais, com temperaturas mais elevadas, não havia necessidade de arar ou gradear o solo. Entretanto, como a maioria foi colonizada pelos europeus, esses trouxeram as mesmas técnicas agrícolas aplicadas na Europa, implantando o chamado sistema convencional de cultivo (aração e gradagem) para o plantio das culturas, aliado, ainda, à falta de alternativas para o controle de plantas daninhas. No caso do Brasil, a colonização predominantemente européia, do Sul do País, com suas tradições, e a falta de pesquisa básica transformaram, em poucos anos de exploração irracional, os solos férteis em degradados, pela utilização inadequada de técnicas de preparo. Todas estas técnicas foram desenvolvidas para climas temperados, com baixas temperaturas, e adotadas indiscriminadamente nas regiões tropical e subtropical brasileiras, cujas condições edafoclimáticas são simplesmente opostas, ocorrendo, desta forma, a exposição do solo à ação de agentes climáticos de uma maneira muito mais intensa e frequente. Paralelamente às técnicas de preparo convencional, eram realizadas, anualmente, queimadas dos restos culturais e a palha que iria proteger o solo da erosão transformava-se em cinzas.

Os primeiros estudos científicos sobre o SPD (Koronka, 1973) começaram na década de 40, na estação experimental de Rothamsted, na Inglaterra, ao se constatar que as

plantas tinham condições de crescerem de forma adequada sem o preparo convencional do solo. Entretanto, um dos problemas encontrados nesse novo sistema era a competição das plantas daninhas, sendo que as principais razões para arar ou gradear o solo, naquela época, era o controle dessas espécies. As primeiras pesquisas com o SPD nos EUA começaram na década de 50, principalmente em decorrência do surgimento de herbicidas desenvolvidos durante e logo após a Segunda Guerra Mundial, quando o problema de controle das plantas daninhas começou a ser resolvido. A implementação do SPD pelos agricultores, nesse país, ocorreu na década de 60, com o cultivo de milho (Phillips & Young, 1973). Essa forma de cultivar o solo tornou-se viável, prática e mais econômica graças, principalmente, ao surgimento e desenvolvimento do herbicida de contato não-residual (paraquat), que começou a ser comercializado a partir de 1961 (Koronka, 1973).

No Brasil, o SPD foi iniciado da década de 70, na região Sul. O objetivo principal era reduzir a erosão do solo e minimizar impactos ambientais provenientes do sistema de cultivo convencional, pois o binômio trigo-soja, com uso de fogo para eliminar os restos culturais e semear a soja provocava grandes estragos. Essa prática, aliada a arações e gradagens, culminava no aumento dos problemas de erosão, de infiltração e do escoamento superficial das águas, com a consequente perda de nutrientes do solo e queda da produtividade agrícola. A ocorrência da erosão, nos solos do Sul do país, era tão séria que chegava a interromper estradas próximas as lavouras. Porém, para a implantação do SPD, havia dificuldades, como a falta de herbicidas eficientes, tanto antes como depois da implantação das culturas, bem como a mecanização pouco evoluída, ou seja, a falta de semeadoras adaptadas a esse sistema, capazes de desempenhar as funções desse novo modelo de cultivo. Esses fatores e outros, como a inexistência de informações sobre a ocorrência de pragas e doenças, a compactação do solo e o desenvolvimento de coberturas vegetais eficientes e adaptadas ao novo sistema de cultivo, faziam com que os produtores, mesmo sensibilizados com o problema, não viessem a se interessar ou mesmo a adotar o SPD em suas propriedades. O grande aumento da área cultivada com o SPD ocorreu no

início da década de 90, em função do surgimento e da disponibilidade de tecnologias específicas ao SPD, aliado ao interesse dos setores públicos e privados em levá-las às propriedades rurais (Anghinoni, 2007).

Após a passagem da fase de adaptação e estudo do novo sistema, a adoção pelos produtores, nos Estados do Sul do Brasil, deu-se com muito êxito, pois, além do controle da erosão, havia grande racionalização de insumos, mão-de-obra, mecanização e energia. A semeadura direta na palha, no terceiro ano após a implantação, já demonstrava ser uma das mais promissoras tecnologias, com a introdução das práticas de cobertura de solo no inverno e a rotação de culturas (Anghinoni, 2007).

Dentre as várias culturas utilizadas na região Sul, como coberturas, destaca-se a aveia-preta, com boa cobertura de solo, o que facilita o controle de plantas daninhas, além do sistema radicular profundo, que é importante para melhorar a estrutura do solo. As leguminosas, como coberturas, decompunham-se mais rápido que as gramíneas, por causa da sua baixa relação C:N (carbono:nitrogênio). Assim, para se ter uma boa cobertura de solo, havia necessidade de fazer associação entre gramíneas e leguminosas.

Comprovando as vantagens do SPD, Cruz *et al.* (2006) mostraram que dez anos após a adoção desse novo sistema de cultivo houve aumento da vida biológica e também da matéria orgânica do solo. Esta passou, em média, de 1,8% para 5%. Também o sistema radicular das plantas, que antes explorava apenas os primeiros 15 cm da área arável, passou a explorar até 80 cm. Estes fatos têm permitido as culturas superar melhor os efeitos de estiagem, com produções maiores que aquelas lavouras cultivadas no plantio convencional.

## CARACTERIZAÇÃO E PECULIARIDADES DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

O SPD é caracterizado por não revolvimento, cobertura permanente do solo e rotação de culturas. A adoção de todas essas técnicas, em conjunto, nas lavouras brasileiras, vem garantindo a viabilidade dos cultivos, a sustentabilidade dos ecossistemas, pela maior infiltração de água no solo, e a redução de perdas ocasionadas pela erosão. Esta, além do solo, carrega para os cursos de água adubos e outros agrotóxicos, que são fontes de poluição e de degradação de rios e outros mananciais (Salton *et al.*, 1998).

Esse sistema de cultivar o solo teve início no Brasil no final da década de 60 e meados dos anos 70, com trabalhos de pesquisas desenvolvidos no Paraná e Rio Grande do Sul. Entretanto, vários entraves impossibilitavam a adoção do SPD em larga escala pelos produtores rurais: a falta de máquinas semeadoras, capacitadas para efetuar

corte da palhada e depositar as sementes no solo, sem o revolvimento, e de herbicidas específicos, que atuassem em pós-emergência e que atendessem as exigências dos sistemas de rotação de culturas para o controle de plantas daninhas. O primeiro herbicida, utilizado para a dessecação da vegetação para a implantação do SPD, foi o paraquat, de contato, introduzido na década de 60. Quando, no Brasil, iniciavam-se as primeiras experiências com SPD, nos EUA já se cultivavam cerca de 2 milhões de hectares, com perspectivas de rápida expansão e adaptando-se às condições daquele país. Vale ressaltar que esse sistema ganhou muito impulso com a descoberta dos herbicidas sistêmicos (não seletivos e seletivos), o que proporcionou maior eficiência no controle das plantas daninhas. Destaca-se, dentre esses, o glyphosate, com baixa toxicidade ao homem, sem efeito residual no solo e não lixiviável (Silva *et al.*, 2007). Isso favoreceu o desenvolvimento do SPD com muitas alternativas para a formação de palhada e rotação de culturas, aumentando a proteção dos solos (Saturnino & Landers, 1997).

Merece destaque, na fase de implantação do SPD, o grande empenho dos agricultores do Paraná, que desenvolveram técnicas para que o sistema de cultivo tivesse êxito, já que naquele estado era intensa a degradação ambiental, provocada pela erosão dos solos com elevados custos de produção, chegando a inviabilizar a atividade agropecuária (Salton *et al.*, 1998).

Em meados dos anos 80 ocorreu grande evolução de máquinas, implementos agrícolas e herbicidas, fato de grande relevância para a expansão e adoção, em grande escala, do SPD, inicialmente pelos agricultores da região Sul e, mais recentemente, para outras regiões do Brasil, como o Centro-Oeste e o Nordeste. Estima-se, na atualidade, que a área cultivada pelo SPD é de 25 milhões de hectares, incluindo pequenos, médios e grandes agricultores em todo o Brasil, com aproximadamente 10,5 e 11,5 milhões de hectares nas regiões Sul e Centro-Oeste, respectivamente. Na região Sul o SPD tem a tendência de estabilização, em função do limite da fronteira agrícola, enquanto nos cerrados e demais regiões, o sistema encontra-se ainda em plena expansão. Dentre os países que adotaram o SPD, o Brasil e os EUA estão empatados em área de cultivo, com 25, seguidos pelo Canadá, com 18, Austrália 10 e Argentina com 2 milhões de hectares, sendo que em todo o mundo há mais de 100 milhões de hectares cultivados nesse sistema (FEBRAPDP, 2009).

Após o abandono do arado, da grade e do escarificador (usados no preparo de revolvimento do solo), o SPD vem revolucionando os conceitos milenares de preparo do solo, não somente no Brasil, mas em vários países. Essa mudança no sistema de cultivo deve-se, principalmente, ao grande avanço tecnológico, tanto dos setores públicos, quanto das empresas privadas, sendo as indústrias de agrotóxicos

e de máquinas agrícolas as maiores responsáveis. No SPD o principal objetivo é revolver o mínimo possível a estrutura física e a vida biológica do solo, mantendo toda a cobertura morta de resíduos de colheitas anteriores ou mesmo aquelas culturas dessecadas para esse fim, a palhada. De acordo com Saturnino & Landers (1997), a palhada que recobre o solo representa a essência do SPD, com funções importantes: reduzir as perdas de solo e água pela erosão; diminuir o impacto da chuva, protegendo o solo contra compactação e desagregação dos grumos; aumentar a capacidade de infiltração da água no solo, minimizando os escoamentos superficiais e amenizando as enchentes; estabilizar a temperatura do solo, favorecendo os processos biológicos e a vida do mesmo; manter a umidade do solo ao reduzir a evaporação (efeito *mulch*); agir como reciclador de nutrientes, assegurando alta atividade biológica; aumentar a matéria orgânica no perfil do solo, melhorando a CTC e a estrutura física do solo; ajudar no controle de plantas daninhas seja pela barreira física ou pela liberação de substâncias alelopáticas.

De acordo com Anghinoni (2007), com a evolução do SPD, vários questionamentos começaram a surgir sobre a relação do manejo com a fertilidade dos solos, pois a dinâmica dos processos de transformação e acúmulo de matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a correção da fertilidade dos solos são diferentes daqueles usados no SPC. No início do processo, o entendimento desses quesitos era incipiente e as recomendações de manejo de corretivos e de fertilizantes eram efetuadas com base nos critérios adotados para o preparo convencional que, na maioria das vezes, eram insatisfatórios (Sá, 1999). Porém, na segunda metade da década de 90, as pesquisas referentes ao acúmulo de matéria orgânica do solo, à mineralização dos resíduos das culturas em rotação, à calagem na superfície, do modo de aplicação dos adubos, à distribuição dos nutrientes no perfil e à variabilidade dos atributos de fertilidade no solo, começaram a fornecer critérios mais adequados às características e propriedades do solo no SPD.

O Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR e a EMBRAPA desenvolveram tecnologias voltadas ao SPD, atendendo às demandas dos produtores. Em julho de 1975, por meio de seu programa de conservação de solos, em Londrina, no Encontro Nacional de Pesquisa da Erosão com Simuladores de Chuvas, foram criadas as diretrizes modernas para uma consciência conservacionista. Nesse encontro, foi exaltada a eficiência do SPD no controle da erosão, com redução de 90% das perdas de solo e um decréscimo de 50% das perdas de água. Nesse mesmo ano houve um acordo de cooperação técnica entre a ICI – Brasil e o IAPAR, iniciando este instituto o seu primeiro projeto de pesquisas em SPD. Esse projeto foi caracterizado por focar o desenvolvimento tecnológico do SPD

como um sistema de produção, no lugar da visão reducionista de uma simples técnica de manejo do solo para o controle da erosão. A equipe, composta por vários pesquisadores das duas entidades, pregava a diversificação de culturas, no lugar da sucessão trigo-soja, para que o novo sistema obtivesse sucesso, sendo que essa abordagem multidisciplinar permitiu o melhor entendimento do SPD nos seus componentes fitotécnicos, edáficos, fitossanitários e econômicos.

Na região dos Campos Gerais do Paraná, em 1976, os agricultores, motivados pelos trabalhos pioneiros do pesquisador Herbert Bartz, adotaram de vez o SPD. Desse modo, houve um ciclo de prosperidade, com decréscimo do quadro de degradação dos recursos naturais que havia na região em função de arações e gradagens sucessivas a que o solo vinha sendo exposto desde 1973, ano da fundação da Associação Conservacionista de Ponta Grossa. Além disso, nessa época, o Banco do Brasil passou a exigir a adoção pelos agricultores de métodos conservacionistas para a liberação de crédito agrícola. Desse modo o SPD ganhou maior notoriedade, sendo os agricultores avaliados constantemente pelo banco, representado por Engenheiro-Agrônomo devidamente credenciado, se estavam cultivando os solos nesse sistema de cultivo. Essas exigências fizeram com que os produtores adotassem o SPD, em áreas de topografia acidentada ou mais declivosa, com isso evitava-se principalmente a erosão do solo (Saturnino & Landers, 1997).

Em 1979, formou-se o clube da minhoca, composto por produtores e extensionistas em Ponta Grossa (FEBRAPDP, 2001). Nessa época já havia profissionais contratados especificamente para trabalhar com o desenvolvimento e implantação do SPD nas propriedades rurais. Esses profissionais (Engenheiros-Agrônomos e Técnicos Agrícolas) contribuíram significativamente para o desenvolvimento da tecnologia, sempre com foco voltado ao produtor, e a adoção do novo sistema de cultivo era o resultado esperado. A partir de ações conjuntas, entre os técnicos de empresas públicas e privadas e grupos de produtores interessados em discutir suas dúvidas, foram dados os primeiros passos para expandir o SPD. As reuniões entre agricultores e técnicos davam-se em fazendas e em dias de campo, tornando-se possível a adoção do SPD por produtores não só dos Estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, mas de todo o país.

Nas outras regiões do Brasil, alguns fatores, considerados relevantes, dificultam a adoção dessa técnica de cultivo. Como exemplos cita-se: que as espécies vegetais utilizadas como cobertura no Sul não se adaptaram às condições edafoclimáticas de outras regiões brasileiras; que a incorporação de calcário para correção da acidez do solo foi outro fator dificultante, já que, no cerrado, há necessidade da aplicação de maiores quantidades, as



quais, quando aplicadas na superfície do solo sem a incorporação, não produzem o mesmo efeito observado quando se incorpora o calcário. Em outras regiões com topografia mais acidentada e com predominância de pequenas propriedades, a falta de equipamentos e máquinas adaptadas foi o maior entrave a essa tecnologia.

No cerrado, a reduzida formação de palha, em função dos longos períodos secos, dificultava a implantação do SPD. Algumas opções foram desenvolvidas com sucesso: 1) milho em rotação, 2) safrinha de milho, 3) rotação com pastagem e 4) cobertura verde permanente, podendo-se então, recomendar o manejo que melhor se adaptasse às condições da região. O modelo a ser adotado, então, deve ser desenvolvido em cada região e vai depender das condições edafoclimáticas, favoráveis ou não à safrinha, e da viabilidade da irrigação (Sá *et al.*, 2004).

Na Zona da Mata Mineira, o grande empecilho para o SPD era a falta de máquinas adaptadas para regiões amorradas, além do desconhecimento de coberturas para formação da palhada. A partir de 1997, com trabalhos realizados pela UFV (Ferreira *et al.*, 2007), introduziu-se a integração lavoura-pecuária, que minimizou o problema da produção de palhada, e diversas máquinas foram testadas e algumas adaptadas às condições locais de topografia. A partir de 1998, com a integração entre UFV, EMATER e empresas privadas, essas técnicas foram difundidas com sucesso para os produtores da região.

Transcorridos mais de 10 anos da implantação do SPD na palha, em pequenas propriedades rurais da Zona da Mata Mineira, tendo como suporte técnico assistência de professores da UFV e técnicos da EMATER, pode-se afirmar que o SPD é um sucesso na região. O SPD, aliado à integração lavoura-pecuária e ou integração lavoura-pecuária e floresta, é um sistema irreversível, não apenas na região da Zona da Mata Mineira, mas em todo Brasil, pois tem permitido muitos benefícios ambientais e vantagens econômicas e sociais para os produtores.

Percorrida a etapa de implantação do SPD, o desafio será solucionar problemas chamados de segunda geração, sendo, por exemplo: 1) o surgimento de doenças, insetos e, principalmente, de plantas daninhas resistentes ou tolerantes a muitos grupos de herbicidas, 2) semeadoras resistentes, para durarem por várias safras e com bom desempenho na palhada ou em solos com elevados teores de umidade, 3) a necessidade de implementar, e muito, programas de capacitação de mão-de-obra e de treinamentos técnicos, 4) a necessidade de melhorias das técnicas que possibilitem a semeadura de sementes de espécies forrageiras e 5) a falta de conhecimento sobre o controle econômico de pragas e doenças baseado nas epidemiologias (Landers, 1997).

A semeadura de espécies vegetais, tolerantes ao estresse hídrico e com decomposição mais lenta, favore-

ce a cobertura do solo e o fornecimento de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N) sob cultivo de leguminosas, refletindo na produtividade das culturas (Amabile *et al.*, 2000; Carvalho & Amabile 2006). A susceptibilidade dos resíduos vegetais à decomposição está associada à sua composição química, quanto aos teores de celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis e às relações entre constituintes, como C/N, C/P, lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis/N (Espindola *et al.*, 2006).

Diante desses aspectos, várias espécies estão sendo testadas para a viabilização do SPD em regiões que apresenta clima quente e seco no inverno, mas até o momento poucos resultados positivos foram encontrados. Relata-se que a melhor opção encontrada como cobertura de solo para adoção do SPD, nessas regiões desfavoráveis quanto às condições de clima, são a crotalaria (Andrioli *et al.*, 2008) e o feijão-bravo-do-ceará (Carvalho *et al.*, 2008), que, entretanto, apresentam um inconveniente, ou seja, seus restos culturais decompõem-se, rapidamente, no solo, mas ocasionam a maior produtividade de grãos de milho. A quantidade de restos culturais deixados sobre o solo torna-se aliada importante na questão de reduzir o escoamento superficial, aumentar a infiltração e reduzir perdas de solo.

## PLANTIO DIRETO E A CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

No sistema de semeadura direta, uma das grandes dificuldades encontradas pelos produtores é a calagem para a correção do pH do solo, pois o calcário sendo pouco móvel quando aplicado na superfície, limita o efeito da neutralização da acidez das camadas subsuperficiais. Diversos solos do Brasil são caracterizados quimicamente pela elevada acidez, capacidade de troca de cátions (CTC) dependente de pH, baixa saturação de cátions básicos, presença de Al tóxico e alta fixação de fósforo (Pavan *et al.*, 1985). Dessa maneira, a principal consequência dessas características químicas é o limitado desenvolvimento das raízes das plantas, diminuindo a absorção de água e nutrientes. A calagem é uma das mais importantes práticas utilizadas para neutralizar a acidez e aumentar a CTC e os teores de cátions básicos do solo. No entanto, a maior limitação da calagem é sua baixa eficiência na neutralização da acidez além do local de aplicação (Chaves *et al.*, 1988). Esse fator é limitante, no SPD, em que o calcário é aplicado na superfície do solo, em dose mais alta, sem incorporação posterior.

Algumas estratégias estão sendo usadas para mobilizar o calcário no solo, tais como físicas, com implementos mecanizados; inorgânicas com uso de gesso, e orgânicas, com resíduos de origem animal e vegetal. A técnica orgânica tem sido muito usada no Paraná, em função da alta produção de biomassa nos sistemas agrícolas (Chaves *et al.*, 1997).

Embora, ainda seja contraditória para vários autores, a aplicação superficial de corretivos tem apresentado resultados significativos, em áreas de renovação de pastagens no sistema de integração lavoura-pecuária, na Zona da Mata Mineira (Ferreira *et al.*, 2007).

## ASPECTOS POSITIVOS DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

De acordo com FEBRAPDP (2008), o uso do SPD trouxe muitas mudanças ambientais positivas, como a redução significativa dos níveis de contaminação dos cursos das águas, a estabilidade ecológica nas lavouras, alteração da flora e da fauna, garantindo um equilíbrio entre as espécies benéficas e maléficas ao sistema produtivo, e a eliminação das queimadas. A mesma entidade afirma que o SPD é responsável pela redução de emissões de gases do efeito estufa, do solo para a atmosfera, a transferência (sequestro) de carbono da atmosfera ao solo, contribuindo para mitigação dos impactos das mudanças climáticas globais, além da proteção dos mananciais e dos reservatórios hídricos.

Com a adoção do SPD, o agricultor tem economia na produção de grãos ou mesmo de florestas, em função do menor número de operações com máquinas agrícolas e, também, pela redução drástica da erosão do solo das lavouras, quando se compara com o SPC. Resultados de pesquisas divulgados pela FEBRAPDP (2008) informou perda média de 8,7 toneladas de solo em cada tonelada de soja produzida no SPC. Entretanto, quando o agricultor adota o SPD, essas perdas são evitadas e ainda obtêm-se aumento de 20% na produtividade e redução de 20,4 L ha<sup>-1</sup> de consumo de combustíveis. Deste modo, a adoção do SPD propicia, também, redução do uso de fertilizantes, com economia em importá-los, gerando benefícios econômicos aos produtores rurais e também ao Brasil. Em pequenas propriedades rurais que utilizam o SPD observam-se resultados consideráveis, com uma entrada líquida de 1 a 2,87 mil dólares ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, significando aumento de 35 a 236% em relação ao SPC, que utiliza aração ou gradagem. Outras vantagens do SPD são: diminuição drástica da erosão do solo, aumento da infiltração da água da chuva, melhora nas características químicas, físicas e biológicas do solo, assim tem-se diminuição dos custos de produção, dos impactos ecológicos ocasionados pelo SPC, como a sedimentação de arroios, rios, lagos, entre outros.

O SPD também gera aumento da produção de matérias primas, da atividade exportadora e agroindustrial, de transporte, de atividades bancárias e, ainda, influencia empresas de seguros agrícolas, que têm cobrado dos agricultores que adotam esse sistema de produção, taxas menores para cobertura de eventuais intempéries. Estes fatos podem ser atribuídos ao melhor desempenho das culturas,

nas áreas que adotam o SPD, não só pela menor interferência ocasionada pela comunidade infestante, como, também, a uma série de outras características benéficas que esse sistema de cultivo proporciona. Vários trabalhos têm demonstrado a maior presença de inimigos naturais das pragas e maior atividade microbiana nas áreas de SPD (Santos *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2007). A biomassa microbiana é responsável pelo controle de funções essenciais no solo, como decomposição e acúmulo de matéria orgânica, ou por transformações que envolvem nutrientes minerais ou compostos no solo (Santos *et al.*, 2005). O fato de o SPD apresentar normalmente maior biomassa microbiana, pode proporcionar maior estocagem de nutrientes, possibilitando, também, melhor ciclagem destes ao longo do tempo, criando características mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Essa maior estabilidade pode estar relacionada, também, com os fatores abióticos do solo, como o aumento da umidade, o incremento dos teores de matéria orgânica e a diminuição das temperaturas máximas do solo, favorecendo o crescimento das culturas (Salton & Mielniczuk, 1995).

## INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA

No Brasil, as áreas utilizadas como pastagens, em 80% dos casos, encontram-se em estado de degradação, pelo uso de espécies forrageiras inadequadas, condições edafoclimáticas, manejo inadequado da fertilidade do solo e das plantas daninhas. Além disso, é muito comum o superpastejo, que, associado aos fatores especificados, acelera o processo de degradação dos solos das pastagens, tornando-se urgente o desenvolvimento de alternativas para o restabelecimento da capacidade produtiva dessas áreas (Freitas *et al.*, 2005). Nos últimos anos, diversos órgãos de pesquisa (dentre eles as universidades, empresas estaduais de pesquisa e EMBRAPA) têm desenvolvido os estudos no sentido de melhorar a recuperação das pastagens degradadas, minimizando os riscos tanto ambientais, quanto econômicos, visando a garantir a lucratividade aos produtores rurais sejam estes pequenos, médios ou grandes. A adoção do sistema de integração agricultura-pecuária associado ao SPD tem sido o grande sucesso desse programa.

De acordo com Ferreira *et al.* (2007), dentre as técnicas de manejo importantes, adotadas na integração agricultura-pecuária, merece destaque a possibilidade do uso do SPD, o qual reduz as perdas de solo por erosão, minimiza o assoreamento e a eutrofização de represas, rios e riachos, melhora as características físicas do solo, elevando sua capacidade de infiltração, retenção de água e os teores de matéria orgânica. Estes resultados estão em acordo com os obtidos por Salton (1995) o qual observou aumen-

to na taxa de infiltração de água no solo nas áreas cultivadas com soja em SPD, sobre pastagem de braquiária, em relação à semeadura da oleaginosa em SPC. Ressalta-se que, além de benéfico ao ambiente, o SPD da palha, é positivo também ao produtor diminuindo o uso de máquinas e incorporando áreas anteriormente consideradas impróprias à agricultura. Entre essas áreas destacam-se aquelas que apresentam solos rasos e propícios à erosão, com afloramento de rochas e com declividade que dificulta a mecanização. Outra vantagem refere-se à redução do intervalo entre a colheita de uma cultura e o plantio da seguinte, pois ganha-se o tempo que seria necessário para arar e gradear o terreno (Ferreira *et al.*, 2007). O SPD exige palhada para a cobertura do solo e rotação de cultura, assim tem-se facilidade no manejo das plantas daninhas, pragas e doenças. Desse modo, o SPD tem viabilizado a integração agricultura-pecuária, ao se usar com eficiência a rotação de culturas e disposição de cobertura morta com abundância (forrageira dessecada como palhada).

No sistema de integração agricultura-pecuária e SPD, a soja adaptou-se melhor, ao ser comparada com outras culturas, com isso houve aumento das áreas cultivadas sobre pastagens, usando-se essa leguminosa. Quando a soja é semeada sobre a braquiária essa apresenta maior quantidade de raízes e aprofundamento destas no solo, em comparação com a soja cultivada em solo com cobertura de aveia (Salton *et al.*, 1998). De acordo com Broch (2000), isso ocorre pelo fato de a braquiária produzir grande quantidade de matéria seca de raízes, e também pelo fato de a soja não ser atacada pela maioria das pragas e doenças comuns à pastagem. Além disso, o manejo das plantas daninhas nesse sistema de cultivo é mais simples. O cultivo do milho neste sistema também tem sido muito utilizado pelos produtores rurais. Isto se explica pela tradição do cultivo do milho, ao grande número de híbridos disponíveis no mercado recomendados para as diferentes condições edafoclimáticas do Brasil e a sua boa adaptação a semeadura em consórcio, podendo ser destinado a produção de grãos ou silagem (Ferreira *et al.*, 2007).

O SPD, em diversas regiões do Brasil, tem sido utilizado, também, para recuperar a capacidade produtiva do solo. Busca-se, nesses casos, a reciclagem de nutrientes, o aumento da matéria orgânica na superfície do solo, a maior estabilidade de agregados, a cobertura morta (palhada) para o cultivo seguinte, além de outros benefícios da rotação de culturas (Ferreira *et al.*, 2007; Spera *et al.*, 2009). Nessas áreas tem-se realizado a implantação de pastagens. Esta implantação pode ser feita em consorciação com culturas anuais para amortizar os custos de sua formação, ou em monocultivo, em áreas antecedidas por culturas anuais. Nas áreas com topografia não acidentada, semeadoras de grande porte podem ser utilizadas para realizar a semeadura, tanto da cultura anual, quanto da

forrageira, mas em áreas com topografia acentuada, ou em pequenas áreas, podem-se utilizar semeadoras de plantio direto, tracionadas por animais, ou semeadura manual com matracas, com bons resultados na operação.

Na Zona da Mata Mineira, diversas pesquisas (Agnes *et al.*, 2004; Freitas *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2006) comprovaram a eficiência do sistema de integração agricultura-pecuária. Bons resultados foram verificados na integração, de grande interesse na região, como milho, soja e feijão, com espécies do gênero *Brachiaria* e *Sorghum*. Trabalhos ainda não publicados têm mostrado a viabilidade da integração lavoura-pecuária e floresta, com plantios simultâneos de milho ou feijão com braquiária e eucalipto. Esse sistema de cultivo surge como nova oportunidade para a diversificação de renda do pequeno produtor, que, no primeiro ano, tem a receita dos grãos, a partir do final do primeiro ano tem receita do leite ou da carne e, ao final, a madeira, com seus diversos tipos de usos.

## PLANTIO DIRETO E AS PLANTAS DANINHAS

Nas últimas décadas, a modernização da agricultura e a implantação de sistemas conservacionistas de produção têm ocasionado o baixo revolvimento do solo, aliado à manutenção de resíduos das culturas sobre a superfície (Theisen *et al.*, 2000). Nesse sistema de cultivo, apenas o método químico de controle das espécies daninhas tem sido utilizado, e, isto tem ocasionado mudanças na flora infestante do solo. Estas alterações são em decorrência da ação dos herbicidas e não do revolvimento do solo que provocam mudanças na dinâmica do banco de sementes das plantas daninhas. Outro aspecto importante da palhada é a possibilidade de liberação de substâncias alelopáticas, que podem prejudicar ou favorecer a germinação e o desenvolvimento das plantas daninhas (Theisen & Vidal, 1999).

Desse modo, constata-se que os efeitos diferenciados dos sistemas de preparo do solo e a ação dos herbicidas sobre as espécies daninhas podem alterar a composição botânica da comunidade (Jakelaitis *et al.*, 2003). Essas modificações podem ser simples flutuações populacionais, associadas a alterações temporárias, ou podem ser definitivas, apresentando comportamento semelhante ao fenômeno da sucessão ecológica. Segundo Zanin *et al.* (1997), a evolução florística da comunidade ocorre de acordo com a intensidade, a regularidade e o tempo de utilização do sistema e, dependendo da intensidade dessas alterações, podem afetar o manejo, o controle e a competição exercida por essa comunidade com a cultura.

A cobertura do solo no SPD também pode afetar as plântulas em desenvolvimento, em função da barreira física, o que causa o estiolamento das plantas, tornando-as suscetíveis aos danos mecânicos. Pode, ainda, favorecer

o desenvolvimento de insetos e fungos, sendo, muitos desses, hospedeiros de sementes e predadores de áreas de plantas daninhas. Entretanto, aquelas plantas que conseguem sobreviver às dificuldades iniciais de estabelecimento, quando a superfície do solo estiver bem coberta por restos de culturas, podem ser beneficiadas pela baixa população, o que as deixa em vantagem competitiva, com mais recursos do meio disponíveis ao crescimento e desenvolvimento (Theisen & Vidal, 1999).

No SPD, há ocorrência de elevado número de sementes próximas à superfície do solo (Radosevich *et al.*, 1997). Essa característica torna-se importante, pois pode interferir na comunidade de plantas daninhas, influenciando diretamente na dormência, germinação e na mortalidade de sementes. Theisen & Vidal (1999) observaram que os menores níveis de cobertura do solo com palhada ocasionaram os maiores percentuais de emergência de *Brachiaria plantaginea*, em lavoura de soja. Também Jakelaitis *et al.* (2003) observaram alta densidade de *Cyperus rotundus*, no SPC, em comparação com o SPD. Os autores atribuíram o fato ao revolvimento do solo, cujo efeito favorece a sua propagação vegetativa e seu estabelecimento, em razão da quebra de dormência pela divisão dos bulbos e eliminação da dominância apical. De acordo com Jakelaitis *et al.* (2003) a semeadura direta reduziu o número e a massa dos bulbos e aumentou a proporção de bulbos dormentes dessa espécie, o que proporcionou redução de até 94% nas manifestações epígeas.

Os restos culturais presentes na superfície do solo impedem a germinação de sementes de plantas daninhas que apresentam pequenas quantidades de reserva, a qual, às vezes, não é suficiente para que a plântula ultrapasse a cobertura morta em busca de luz (Theisen & Vidal, 1999; Jakelaitis *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2005). Além desse fator, a palhada pode interceptar a radiação solar, impedindo sua chegada na superfície do solo, o que ocasiona efeito negativo sobre sementes de espécies daninhas fotoblásticas positivas (Paes & Rezende, 2001). Em cana-de-açúcar foi verificado que a quantidade de palha, superior a 6 t ha<sup>-1</sup>, reduziu a incidência de *Sida rhombifolia*, entretanto, as espécies *Bidens pilosa*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* apresentaram desenvolvimento normal emergindo sob palhada de até 15 t ha<sup>-1</sup> (Martins *et al.*, 1999). Em trabalho desenvolvido por Theisen & Vidal (1999), observou-se menor população de *B. plantaginea*, em função do aumento da cobertura vegetal de aveia, sendo que, em solo desnudo a população da planta daninha foi cem vezes superior à população de plantas verificada com 10 t ha<sup>-1</sup> de palha de aveia.

Nesse aspecto, deve-se ressaltar que as espécies vegetais utilizadas como plantas fornecedoras de palhada para a cobertura do solo na adoção do SPD, apresentam comportamentos diferenciados quanto a supressão ou não

das espécies daninhas, e isso influencia a germinação e a emergência destas. Desse modo, pode-se classificar os efeitos das coberturas mortas sobre as plantas daninhas em função de três aspectos, físico, químico e biológico, além da interação entre eles (Pitelli & Pitelli, 2004).

A implantação do SPD ocasionou o incremento do uso de herbicidas, em substituição ao controle efetuado por meios mecânicos, no cultivo convencional. O herbicida geralmente utilizado no SPD é o glyphosate. Em culturas transgênicas, além de ser usado na dessecação das coberturas de solo, também é utilizado para o controle das plantas daninhas em pós-emergência. Estudos têm demonstrado, porém, que o uso contínuo desse produto, e quando aplicado inadequadamente, tem ocasionado o surgimento de plantas daninhas resistentes (Vargas *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2008). Aplicações repetidas de glyphosate podem alterar a composição específica de plantas daninhas, nas lavouras, e favorecer a dominância de espécies tolerantes (*Commelina benghalensis*, *Ipomoea* spp., *Richardia brasiliensis*, *Tridax procumbens*, *Spermacoce latifolia*, dentre outras). Mesmo que o controle químico seja um método eficiente para controlar as plantas daninhas, em SPD, se usado de maneira inadequada pode onerar o custo de produção e não proporcionar eficácia.

## PLANTIO DIRETO E A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS

Apesar de o SPD reduzir os custos e diminuir a erosão, em função da permanência dos restos culturais sobre o solo, cabe ressaltar que muitos agentes fitopatogênicos podem sobreviver nos resíduos culturais de safras anteriores, ocasionando alta incidência de doenças (Fernandes & Oliveira, 1997). Por exemplo, as manchas causadas por *Phaeosphaeria maydis*, *Exserohilum turcicum*, *Bipolares maydis* em milho são doenças favorecidas pelo SPD, por causa do ciclo de vida saprofítico desses fungos (Fernandes & Oliveira, 1997). Deve-se ressaltar, também, que os fungos causadores de podridões do colmo e da espiga também sobrevivem principalmente sob os restos culturais e na semente do cereal infectada (Casa *et al.*, 1998). Desse modo, o cultivo do milho em monocultura e o SPD favorecem a sobrevivência, a manutenção e a multiplicação do inóculo desses fungos (Zambolim *et al.*, 2000). Têm se observado, entretanto reduções na intensidade dessas doenças da cultura do milho, quando o produtor adota a rotação de culturas (Trento *et al.*, 2002), mas essas culturas antecessoras do milho (e também de outras culturas) não devem ser hospedeiras destes agentes fitopatogênicos. Por exemplo, cultivo de milho sob os restos culturais de aveia-preta, em SPD, favorece o surgimento de *Colletotrichum graminicola* (antracnose do colmo) e de *Fusarium graminearum*, os quais sobrevivem saprofiticamente sobre os restos culturais do hospedeiro.



deiro (aveia-preta) e, assim, podem causar severos danos à cultura (Harder & Haber, 1992). A antracnose é uma das principais doenças associadas às podridões dos colmos, principalmente quando o milho é cultivado, no SPD, em monocultura, mesmo em áreas com diferentes níveis tecnológicos.

Na soja cultivada em SPD, os restos culturais, deixados sobre a superfície do solo, contribuem para o aumento da fonte de inóculo de *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*, provocando elevada severidade do cancro-da-haste (Yorinori, 1996).

Deve-se chamar atenção para o fato de que o nível tecnológico das propriedades rurais é bem diferenciado e isso altera o fornecimento de insumos (tipo, quantidade, época de aplicação), a escolha do arranjo espacial, o manejo de plantas daninhas e pragas, e a escolha do material genético, que também podem afetar a ocorrência e a intensidade de doenças sobre as culturas cultivadas no SPD.

O SPD, se bem planejado, com rotações de culturas e todos os demais requisitos preconizados pela técnica, não apresenta problemas relevantes, quanto ao ataque de doença. Ao se comparar os SPD e SPC, tem-se observado que, no SPD, a ocorrência de doenças é menor, em função, principalmente, da rotação de culturas adotada. No SPD torna-se obrigatória a rotação de culturas, pois, desse modo, tem-se menor probabilidade de sobrevivência de patógenos, já que muitos sobrevivem sobre os restos culturais. Por exemplo, ao se cultivar milho, em SPD, em monocultura, houve o favorecimento da sobrevivência, da manutenção e da multiplicação de inóculos de fungos causadores de podridões do colmo e da espiga (Zambolim *et al.*, 2000). Já ao se cultivar o cereal em SPD, porém, em rotação de cultura, esse problema foi insignificante (Trento *et al.*, 2002).

## PLANTIO DIRETO E A OCORRÊNCIA DE INSETOS

No SPD, a rotação de culturas favorece o agroecossistema, ocasionando o aumento da diversidade estrutural e de espécies. A consorciação de culturas e o SPD podem aumentar ou diminuir a densidade populacional de pragas e de inimigos naturais nas lavouras. Tem-se observado, ainda, que as populações de insetos fitófagos são geralmente menores em cultivos que adotam a policultura, do que em monoculturas (Risch *et al.*, 1983). House & Stinner (1983) relataram que a diversidade de espécies de inimigos naturais de carabídeos foi maior em lavouras de soja que adotaram o SPD do que naquelas conduzidas sob SPC, em função principalmente de o SPD ter adotado a rotação de culturas.

Em lavouras de milho conduzidas pelo SPD, Brust *et al.* (1986) relataram que os insetos predadores ocasiona-

ram redução dos danos provocados por *Agrotis ipsilon*. O SPD e o consórcio de milho com soja não influenciaram no número de pragas, entretanto o crisomelídeo *Maecolaspis assimilis* foi menos abundante no SPD e no milho consorciado (Cividanes & Barbosa, 2001). Em milho cultivado em áreas com 20 anos de práticas de SPC ou SPD não houve diferença nas comunidades de artrópodes *Ostrinia nubilalis* e *Diabrotica longicornis* em função do manejo do solo (Stinner *et al.*, 1988).

Outros estudos relataram, ainda, que o SPD reduziu a abundância de espécies-pragas, principalmente na soja. Nessa cultura, Cividanes & Barbosa (2001) relataram menor número de *Anticarsia gemmatilis* e *Diabrotica gracilentata*, ao compararem o SPD com o SPC. Os autores verificaram, ainda, menor número de insetos predadores (*Cycloneda sanguinea* e *Doru* sp.), no milho conduzido pelo SPD, do que em milho conduzido no SPC, enquanto em soja não encontraram diferenças na quantidade de predadores, em nenhum dos dois sistemas de cultivo. Tonhasca Junior (1993) também não encontrou diferenças na ocorrência de predadores na soja cultivada sob SPD ou SPC.

Nas culturas de trigo, algodão ou feijão, Bianco (1984) relatou que a adoção do SPD ocasionou menor incidência de pragas, quando comparado com o SPC. Em áreas cultivadas no SPD o ambiente favorece o desenvolvimento da fauna de solo e beneficia o surgimento dos inimigos naturais de pragas (Silva & Carvalho, 2000). Os autores relataram que várias espécies das famílias Scarabaeidae, Gryllidae, Cicindelidae, Formicidae e Acrididae são as que mais ocorrem na cultura do milho semeado em SPD.

Deve-se destacar que, no Brasil, ainda são incipientes as pesquisas relacionadas com o estudo da ocorrência de pragas e inimigos naturais em SPD.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

O SPD utiliza princípios agroecológicos, que proporcionam ótimas condições para o estabelecimento e crescimento das plantas, além de garantir maior sustentabilidade no sistema produtivo. O SPD não pode, porém, ser considerado como receita ou pacote tecnológico prontos para o uso em todas as propriedades. As práticas de manejo do SPD devem ser adaptadas à realidade socioeconômica de cada propriedade rural, levando-se em consideração os aspectos relacionados com o nível tecnológico do agricultor e o seu costume de cultivar a terra. Todavia, após os 30 anos de sua implantação no Brasil, a adoção do SPD tornou-se irreversível, pela comprovação de seus vários benefícios em comparação ao SPC, e das transformações ocorridas nas indústrias de máquinas, de implementos agrícolas e de agrotóxicos.

Também contribuíram para consolidação do SPD no Brasil os avanços das pesquisas nessa área nas universidades e empresas de pesquisa e, principalmente, a mudança na mentalidade dos técnicos e dos produtores rurais. Esse sistema de cultivo do solo passou de uma simples opção para controlar a erosão, para um método ordenado de práticas agrícolas interligadas e altamente dependentes entre si, que garantem a fertilidade do solo e a qualidade ambiental. Todavia, cuidados especiais precisam ser tomados como, por exemplo, no controle de plantas daninhas, que cada vez mais utiliza um único herbicida (glyphosate). Este fato tem provocado alterações nas comunidades vegetais, com extinção de espécies, que eram peculiares ao SPC, e favorecimento do surgimento de outras, principalmente aquelas tolerantes e, ou, resistentes ao herbicida. Estas mudanças nas comunidades vegetais poderão inviabilizar a utilização de tecnologias fundamentais na implantação do SPD, uma vez que ainda não existem alternativas viáveis para a substituição das existentes.

## REFERÊNCIAS

- Agnes EL, Freitas, FCL & Ferreira LR (2004) Situação atual da integração agricultura pecuária em Minas Gerais e na Zona da Mata Mineira. In: Zambolim L, Silva AA & Agnes EL (Eds.). Manejo integrado: Integração agricultura-pecuária. Viçosa, UFV. p.251-267.
- Amabile RF, Fancelli AL & Carvalho AM (2000) Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35:47-54.
- Andrioli I, Beutler NA, Centurion JF, Andrioli FF & Coutinho ELM (2008) Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:1691-1698.
- Anghinoni I (2007) Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: Novais RF, Alvarez VHV, Barros NF, Fontes RFF, Cantarutti RB & Neves JCL (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira da Sociedade do Solo. p. 873-928.
- Baker CJ, Saxton KE & Ritchie WR (1996) No-tillage seeding: Science and practice. Wallingford, CAB Internacional, 258p.
- Bianco R (1984) Ocorrência de pragas no plantio direto x convencional. In: Fancelli AL, Torrado PV & Machado J (Coord.) Atualização em plantio direto. Campinas, Fundação Cargill. p.183-194.
- Broch DL (2000) Integração agricultura-pecuária no centro oeste do Brasil. APDC, plantio direto na integração lavoura-pecuária. In: 4º Encontro Regional de Plantio Direto, Anais, Uberlândia/MG. p.53-60.
- Brust GE, Stinner BR & McCartney DA (1986) Predation by soil inhabiting arthropods in intercropped and monoculture agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 18:145-154.
- Carvalho AM & Amabile RF (2006) Plantas condicionadoras de solo: Interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: Carvalho AM & Amabile RF (Eds.) Cerrado: adubação verde. Brasília, Embrapa Cerrados. p.143-170.
- Carvalho AM, Bustamante MMC, Sousa Junior JGA & Vivaldi LJ (2008) Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:2831-2838.
- Casa RT, Reis EM & Zambolim L (1998) Fungos associados à semente de milho produzidas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Fitopatologia Brasileira, 23:370-373.
- Chaves JCD, Pavan MA & Miyazawa M (1988) Redução da acidez subsuperficial em coluna de solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 25:469-476.
- Chaves JCD, Pavan MA & Calegari A (1997) Input of dry matter and nutrients to the soil from cover plants cultivated between rows of perennial crops and their effects on soil reaction. Brazilian Archives of Biology and Technology, 40:47-55.
- Cividanes FJ & Barbosa JC (2001) Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre inimigos naturais e pragas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36:235-241.
- Cruz JC, Alvarenga RC, Novotny EH, Pereira Filho IA, Santana DP, Pereira FTF & Hernani LC (2006). Cultivo do milho. Disponível em: <http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/CultivodoMilho/.htm>. Acessado em: 10 de abril 2009.
- Espindola JAA, Guerra JGM, Almeida DL, Teixeira MG & Urquiaga S (2006) Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. Revista Brasileira da Ciência do Solo, 30:321-328.
- Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha - FEBRAPDP (2001) Ponta Grossa, Boletim Informativo. Ano 02, n.20, 06p.
- Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha - FEBRAPDP (2008) Ponta Grossa, Boletim Informativo. Ano 9, n.33, 08p.
- Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha - FEBRAPDP (2009) Ponta Grossa, Boletim Informativo. Ano 10, n.35, 10p.
- Fernandes FT & Oliveira E de (1997) Principais doenças na cultura do milho. Sete Lagoas, Embrapa CNPMS. 80p. (Circular técnica 26).
- Ferreira EA, Galon L, Silva AA, Concengo G, Aspiazú I, Silva AF, Oliveira JA & Vargas L (2008) Glyphosate translocation in haire fleabane (*Conyza bonariensis*) biotypes. Planta Daninha, 26:637-643.
- Ferreira LR, Freitas FCL, Tuffi Santos LD & Agnes EL (2007) Integração agricultura pecuária em pequenas propriedades rurais. In: 1º Simpósio sobre manejo de plantas daninhas no semi-árido. Anais, Universidade Federal do semi-árido (UFERSA). p.113-130.
- Freitas FCL, Ferreira LR, Ferreira FA, Santos MV, Agnes EL, Cardoso AA & Jakelaitis A (2005) Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com milho para silagem no sistema de plantio direto. Planta Daninha, 23:49-58.
- Harder DE & Haber S (1992) Oat diseases and pathology techniques. In: Marshall HG & Sorrells ME (Eds.) Oat science and technology. Madison, American Society of Agronomy. p.354-357.
- House GJ & Stinner BR (1983) Arthropods in no-tillage soybean agroecosystems: community composition and ecosystem interactions. Environmental Entomology, 7:23-28.
- Jakelaitis A, Ferreira LR, Silva AA, Agnes EL, Miranda GV & Machado AFL (2003) Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. Planta Daninha, 21:71-79.
- Koronka P (1973) Machinery development for direct drilling. Out Agriculture, 7:190-195.
- Landers JN (1997) A transformação da agricultura do cerrado pelo plantio direto. Revista Plantio Direto, 41:41-43.

- Martins D, Velini ED, Martins CC & Souza LS de (1999) Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palhada de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, 17:151-161.
- Paes JMV & Rezende AM de (2001) Manejo de plantas daninhas no sistema plantio direto na palha. *Informe Agropecuário*, 22:37-42.
- Pavan MAA, Bingham FT & Pratt PF (1985) Chemical and mineralogical characteristics of selected acid soils of the state of Paraná, Brazil. *Turrialba*, 35: 131-139.
- Pereira JL, Picanço MC, Silva AA, Barros EC, Xavier VM & Gontijo PC (2007) Efeito de herbicidas sobre a comunidade de artrópodos do solo do feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto e convencional. *Planta Daninha*, 25:61-69.
- Phillips SS & Young JR (1973) No-tillage farming. Milwaukee, Reiman Associates. 224p.
- Pitelli RA & Pitelli RLCM (2004) Biologia e ecofisiologia das plantas daninhas. In: Vargas L & Roman ES (Eds.) Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho. p. 29-56.
- Radosevich S, Holt J & Ghersa C (1997) *Weed ecology: implications for management*, 2.ed. New York, Wiley. 588p.
- Risch SJ, Andow DA & Altieri MA (1983) Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions and, new research directions. *Environmental Entomology*, 12:625-629.
- Sá JC (1999) Manejo da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: Siqueira JO, Moreira FMS, Lopes AS, Guilherme LRG, Faquim V, Furtini Neto AE & Carvalho JG (Eds.) Interrelações fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 267-319.
- Sá JCM, Cerri CC, Piccolo MC, Feigl BE, Bucker J, Fornari A, Sá MFM, Seguy L, Bouzinac S & Venzke Filho SP (2004) O plantio direto como base no sistema de produção. *Revista Plantio Direto*, 84:45-61.
- Salton JL (1995) Avaliação do sistema de plantio direto na sucessão de soja sobre pastagem de braquiária. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Resumos, Viçosa, SBSC/UFV, 4:1816-1818.
- Salton JC & Mielniczuk J (1995) Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade em um Podzólico Vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 19:313-319.
- Salton JC, Hernani LC & Fontes CZM (1998) Sistema plantio direto. Brasília, EMBRAPA-SPI/ Dourados, Embrapa-CPAO. 248p. (Coleção 500 perguntas 500 respostas).
- Santos JB, Jakelaitis A, Silva AA, Vivian R, Costa MD & Silva AF (2005) Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. *Planta Daninha*, 23:683-691.
- Saturnino HM & Landers JN (1997) O meio ambiente e o plantio direto. Brasília, EMBRAPA-SPI. 116p.
- Silva AA, Silva CSW, Souza CM, Souza BA, Fagundes JL, Falleiro RM & Sedyama CS (2005) Aspectos fitossociológicos da comunidade de plantas daninhas na cultura do feijão sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Planta Daninha*, 23:17-24.
- Silva AA, Ferreira, FA & Ferreira LR (2007) Herbicidas: Classificação e mecanismo de ação. In: Silva AA & Silva JF (Eds.) Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, UFV. p.83-148.
- Silva AC, Ferreira LR, Carneiro JES & Cecon PR (2006) Consórcio entre feijão e *Brachiaria brizantha* sob doses reduzidas de gramíneas. *Planta Daninha*, 24:71-76.
- Silva RA & Carvalho GS (2000) Ocorrência de insetos na cultura do milho em sistema de plantio direto, coletados com armadilhas-de-solo. *Ciência Rural*, 30:199-203.
- Spera ST, Santos HP, Fontaneli RS & Tomm GO (2009) Integração lavoura e pecuária e os atributos físicos de solo manejado sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:129-136.
- Stinner BR, McCartney DA & Doren Junior DM van (1988) Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and no-tillage corn (maize, *Zea mays* L.) systems: a comparison after 20 years of continuous cropping. *Soil and Tillage Research*, 11:147-158.
- Theisen G & Vidal RA (1999) Efeito da cobertura do solo com resíduos de aveia preta nas etapas do ciclo de vida do capim-marmelada. *Planta Daninha*, 17:189-196.
- Theisen G, Vidal RA & Fleck NG (2000) Redução da infestação de *Brachiaria plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia-preta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:753-756.
- Tonhasca Junior A (1993) Effects of agroecosystem diversification on natural enemies of soybean herbivores. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 69:83-90.
- Trento SM, Irgang HRH & Reis EM (2002) Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. *Fitopatologia Brasileira*, 27:609-613.
- Vargas L, Roman ES, Rizzardi MA & Silva VC (2005) Alteração das características biológicas dos biótipos de azéveo (*Lolium multiflorum*) ocasionada pela resistência ao herbicida glyphosate. *Planta Daninha*, 23:153-160.
- Yorinori JT (1996) *Cancro da soja: epidemiologia e controle*. Londrina, Embrapa CNPSo. 75p. (Circular técnica, 14).
- Zambolim L, Casa RT & Reis EM (2000) Sistema plantio direto e doenças em plantas. *Fitopatologia Brasileira*, 25:585-595.
- Zanin G, Otto S, Riello L & Borin M (1997) Ecological interpretation of weed flora dynamics under different tillage systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 66:177-188.