

Manejo de solos para a cultura do feijoeiro

José Carlos Cruz¹

Ramon Costa Alvarenga²

Israel Alexandre Pereira Filho³

Derli Prudente Santana⁴

Etelvino Henrique Novotny⁵

Egídio Arno Konzen⁶

Resumo - O cultivo do feijoeiro é realizado em diferentes épocas, o que lhe propicia mais de uma safra por ano na mesma área, envolvendo inclusive agricultura irrigada. Nesta situação, o solo é intensivamente cultivado, o que consiste um fator de grande risco à degradação, em comparação ao sistema tradicional de sequeiro de outras culturas com apenas um cultivo anual. Excessiva mecanização resulta em destruição da estrutura do solo, em compactação subsuperficial e em formação de crosta superficial. Em áreas irrigadas, o uso mais intenso do solo poderá resultar na sua desestruturação, principalmente, em função de suas características. O plantio direto, por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, é uma ferramenta essencial para alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários. Por se tratar de um sistema mais tecnificado, exige-se que o agricultor tenha um conhecimento amplo e domínio de todas as fases do processo, que envolva rotação de culturas e, muitas vezes, a associação de agricultura e pecuária.

Palavras-chave: Feijão. *Phaseolus vulgaris*. Manejo sustentável. Rotação de cultura. Plantio direto. Sucessão de cultura.

INTRODUÇÃO

O manejo adequado do solo é um pré-requisito que se deve ter sempre em mente, quando se propõem sistemas de cultivos. Sabe-se que o solo, quando passa a ser cultivado, sofre degradação em seus atributos físicos, químicos e biológicos de tal modo que a condição inicial não é mais conseguida. A intensidade da degradação depende grandemente das condições nas quais o manejo é executado.

O feijoeiro, por ser cultivado em diferentes épocas e com ciclo que propicia mais de uma safra anual na mesma área, pode-se constituir em fator de risco à degradação, quando comparado com outras culturas cultivadas em sistema convencional, com apenas um semeio anual. Soma-se a isto o fato de o agricultor, ao trabalhar com um cronograma bem definido de atividades, executar, muitas vezes, operações como o tráfego de máquinas ou preparo de solo,

quando este apresenta condições inadequadas de umidade. Isto invariavelmente causa maior dano e acelera ainda mais a degradação do solo. Por outro lado, o feijoeiro é uma planta com sistema radicular bastante delicado e concentrado na camada superior do solo, aproximadamente 20 cm. Solos friáveis, com boa aeração, não sujeitos ao encharcamento, são os recomendados para o cultivo do feijoeiro.

O preparo do solo, definido como sua

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: zecarlos@cnpm.embrapa.br

²Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: ramon@cnpm.embrapa.br

³Eng^o Agr^o, M. Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: israel@cnpm.embrapa.br

⁴Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: derli@cnpm.embrapa.br

⁵Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: etelvino@cnpm.embrapa.br

⁶Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: konzen@cnpm.embrapa.br

manipulação física, química ou biológica, tem por objetivo básico otimizar as condições de germinação, de emergência e o estabelecimento das plântulas. Atualmente, com maiores preocupações para desenvolver uma agricultura sustentável, o preparo do solo deve ser visto como algo a manter sua estrutura, com baixa probabilidade de desagregação e transporte de suas partículas por água ou vento e maior infiltração de água, de modo que reduza a enxurrada e a erosão a um mínimo tolerável.

O manejo inadequado do solo é também responsável pela redução da porosidade, particularmente a macroporosidade, o que resulta na diminuição da taxa de infiltração da água e do fluxo de oxigênio para o seu interior. Sua excessiva mecanização resulta na destruição de sua estrutura, na sua compactação subsuperficial e na formação de crosta superficial. Em áreas irrigadas, o uso intensivo do solo poderá resultar em sua desestruturação, principalmente devido às características do solo. Essa desestruturação faz com que as partículas individualizadas do solo sejam facilmente colocadas em suspensão pela água de irrigação e, principalmente, pelas chuvas. Com a infiltração da água, essas partículas sedimentam-se, justapondo-se de maneira organizada, de tal modo que há formação de crostas pouco permeáveis na superfície. A crosta superficial ou selamento reduz a entrada e a difusão de oxigênio para o interior do solo, além de diminuir a taxa de infiltração de água, o que aumenta a enxurrada e os riscos de erosão.

COMPACTAÇÃO

A habilidade de as plantas explorarem o solo, em busca de fatores de crescimento, depende grandemente da distribuição das raízes no perfil do solo, que, por sua vez, depende das condições físicas e químicas, passíveis de alterações em função do manejo adotado. A compactação é reconhecida como uma das principais conseqüências do manejo inadequado do solo e aparece, geralmente, logo abaixo da camada cultivada, resultado do trabalho de implementos

como arados e/ou grades, por sucessivos anos agrícolas, a uma mesma profundidade. A compactação altera o padrão de crescimento das raízes, pelo aumento da resistência e decréscimo na porosidade do solo. O solo está compactado, quando a proporção do volume total de poros para o volume total do solo é inadequada para o máximo desenvolvimento de uma cultura ou manejo eficiente do campo. A porosidade é um termo de significado importante em relação à compactação do solo, uma vez que relaciona o conteúdo de água e ar no volume de solo explorado pelas raízes. É comum observar áreas com solo severamente compactado, no qual as raízes das culturas não penetram, ficando concentradas acima dessa camada. A água também tem sua taxa de infiltração reduzida e, em conseqüência, aumenta-se o deflúvio e a erosão.

Na camada compactada, as características químicas e, principalmente, físicas do solo são modificadas, como a redução no número de poros grandes, de tal modo que o crescimento das raízes sofre uma série de modificações, tanto de ordem morfológica, quanto fisiológica, que vão afetar o seu desempenho e, por conseguinte, o da planta. A difusão do oxigênio no interior do solo, através da solução, é 10 mil vezes maior do que através do próprio ar, pelos macroporos. Solos com problemas de compactação e selamento superficial são facilmente saturados, principalmente por irrigação. Com isso, o fluxo do oxigênio é extremamente prejudicado, podendo, inclusive, haver deficiência para as plantas. Há muito é conhecido que mudanças na morfologia, hidratação e taxa de respiração podem ser associadas à habilidade de a raiz penetrar em solos compactados. Nestes tipos de solos ou nos adensados, as raízes tornam-se curtas, grossas, com alto peso de material seco e apresentam parede celular grossa, sugerindo maior resistência estrutural e maiores taxas de respiração.

A presença de uma camada compactada, de subsuperfície, segundo Moraes et al. (1988), foi a responsável pela redução no

crescimento do sistema radicular da soja, da ordem de 50,65%, para Terra Roxa Estruturada (Nitossolo) e de 59,68%, para Latossolo Roxo (Latosolo Hiperférico). Kawasaki et al. (1985) observaram que, na região dos Cerrados, o crescimento de plantas de soja foi prejudicado a partir do segundo ano de uso do solo. A raiz pivotante não cresceu em profundidade e as laterais cresceram próximas da superfície do solo.

O rompimento da camada compactada deve ser feito com um implemento que alcance a profundidade, imediatamente abaixo do seu limite inferior. Até 35 cm, ela pode ser rompida com arado de aiveca ou arado escarificador; já em profundidades maiores, com subsolador. Quando for usado escarificador ou subsolador para o rompimento de camada compactada, deve-se levar em consideração que o espaçamento entre as hastes determina o grau de rompimento da camada compactada pelo implemento, devendo ser de 1,2 a 1,3 vez a profundidade de trabalho pretendida. É importante salientar que os equipamentos de discos são ineficientes nessa operação.

O teor de umidade tem grande influência no processo de compactação do solo. Especialmente em condições irrigadas e de manejo intensivo, deve-se ter em mente o alto risco à degradação do solo, como resultado do manejo irracional. Em razão disso, deve-se buscar um sistema que não mobilize o solo mais do que o necessário, como forma de minimizar as alterações físicas, que, por sua vez, irão causar menor impacto negativo sobre as taxas constantes de escoamento superficial e de infiltração da água no solo. Essas taxas têm efeito direto sobre a umidade do solo, que desempenha um importante papel sobre a compactação.

ÉPOCA DE PREPARO DO SOLO

O preparo do solo deve ser efetuado em condições de friabilidade. Nesta situação ele apresenta baixa resistência, alta a moderada capacidade de suporte de carga e resistência à compressão, ou seja, quando o solo está com um teor de umidade em

que parte dele, ao ser comprimida na mão, é facilmente moldada, mas que tão logo cessada esta força, a amostra é facilmente esboroadada. Figueiredo et al. (2000) observaram, em Latossolo Roxo (Latossolo Hiperférico), no município de Lavras (MG), que a umidade crítica de compactação é menor do que o limite de plasticidade, sendo este o limite superior da zona de friabilidade do solo. Verificaram também que a umidade crítica de compactação está contida na faixa de umidade, em que o tráfego de máquinas é realizado. Sugerem que o tráfego de máquinas não seja realizado, quando a umidade do solo for aproximadamente igual ao limite de plasticidade, o que evita maiores riscos de compactação. Ressaltaram, ainda, a utilização de alguns atributos do solo, tais como 90% do limite de plasticidade, 90% da água retida a -0,01 MPa ou a água retida a -0,033 MPa, como tentativa de obtenção da umidade crítica de compactação. Em função desses resultados, percebe-se que a condição ideal para a mobilização do solo é aquela em que o seu teor de umidade esteja abaixo desses valores. Nesse sentido, Mantovani (1987) sugere que se obtenha uma curva de compactação para o solo e que seja evitado o trabalho com máquinas próximo ao ponto de ótimo teor de umidade para máxima compactação. Ressalta ainda que, à medida que a energia de compactação aumenta, com o uso de equipamentos mais pesados, é necessária uma quantidade menor de umidade no solo para se alcançar o máximo de compactação. Isto reafirma a necessidade de planejamento do preparo do solo em áreas irrigadas, visando evitar maiores danos.

Quando o solo é preparado com umidade em torno da capacidade de campo, além da maior probabilidade de formação de camada superficial compactada, pode ocorrer maior aderência do solo aos implementos (em solos argilosos), até o ponto de impossibilitar a operação de preparo. Por outro lado, deve-se também evitar o preparo do solo muito seco, pois será necessário maior número de gradagens para obter suficiente destorroamento, de modo que permita a

operação de semeadura. A condição ideal de umidade pode ser detectada facilmente em campo: um torrão de solo, coletado na profundidade média de trabalho e submetido à leve pressão entre os dedos polegar e indicador, deve-se desagregar sem oferecer resistência. Quando for usado o arado e a grade para preparar o solo, deve-se considerar como umidade ideal a faixa variável de 60 a 70% da capacidade de campo, para solos argilosos, e de 60% a 80% para solos arenosos, ou seja, quando o solo estiver na faixa de umidade friável. Quando for usado o escarificador e o subsolador, a faixa ideal de umidade é de entre 30% e 40% da capacidade de campo, para solos argilosos. Na agricultura extensiva, de sequeiro, é praticamente inviável trabalhar somente nas melhores condições de umidade. Entretanto, na agricultura irrigada, é perfeitamente viável trabalhar-se com umidade adequada, diminuindo os riscos de compactação e de desestruturação do solo.

Se o principal objetivo do preparo do solo for o controle de plantas daninhas ou a incorporação de restos de cultura, ele pode ser realizado com bastante antecedência em relação à semeadura. Neste caso, recomenda-se fazer a aração após a colheita da cultura anterior, realizando-se a gradagem imediatamente antes da implantação da nova cultura. Pode-se também incorporar os restos de cultura ao solo com o uso da grade e, após 10 a 15 dias, realizar a aração.

SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO

Na escolha de um sistema de preparo do solo para o feijoeiro, devem ser considerados os fatores relacionados com a economia de combustível e de tempo e com a conservação de solo e água, evitando-se o uso continuado, por vários anos, de um único equipamento agrícola, que opere a uma mesma profundidade ou muito superficialmente, para evitar a formação de camadas compactadas no solo.

Existem, no mercado, vários implementos para o preparo do solo e, para cada um, há variações quanto à forma, ao peso, ao número e ao tamanho das partes ativas. Assim, para cada situação haverá um determinado implemento mais adequado. Para que um equipamento seja utilizado de maneira racional e eficiente, é necessário conhecer o sistema de manejo de solo que ele vai atender, as características desejáveis que o solo deverá apresentar, a energia consumida e também a sua capacidade efetiva de trabalho (ha/h). Na última década, aumentou-se muito o interesse por métodos conservacionistas de manejo de solos. Neles busca-se ajustar tecnologias que possibilitem aliar menor mobilização do solo e preservação da matéria orgânica, que é reconhecidamente de fundamental importância não só para a sustentabilidade do ecossistema, mas também pela influência direta e indireta nos processos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos. Esses métodos promovem menor revolvimento do solo e deixam maior quantidade de resíduos de cultura sobre a sua superfície, conferindo-lhe maior resistência contra os agentes causadores de degradação, especialmente a erosão hídrica.

Dois métodos (arado escarificador e plantio direto) merecem destaque, devido ao seu papel conservacionista, baixo nível de dano e alto nível de proteção do solo, de tal modo que é possível aliar produtividade e conservação do solo e da água, binômio da maior importância para a sustentabilidade de sistemas agrícolas.

Implementos de preparo do solo

A seguir serão apresentados os implementos usados no preparo do solo mais comuns no Brasil.

Grade aradora

As grades pesadas, assim como outros equipamentos de discos, são agentes causadores de maior compactação, pois o peso total do equipamento é distribuído numa área muito pequena do disco. É um dos

principais implementos usados no preparo do solo nas grandes lavouras e em áreas de expansão da agricultura, provavelmente em função da possibilidade de obter maior rendimento do serviço com menor consumo de combustível (Quadro 1), além de conseguir realizar tanto a aração primária quanto a secundária, destorroamento e nivelamento. Pode ser utilizada em condições desfavoráveis, como solos recém-desbravados, com tocos e raízes, ou com alta infestação de plantas daninhas, além de ser um equipamento de fácil regulagem. Uma desvantagem da grade aradora é que ela provoca grande pulverização do solo. O seu uso por anos sucessivos pode provocar a formação do "pé-de-grade", uma camada compactada logo abaixo da profundidade de corte, a 10-15 cm. Essa camada reduz a infiltração de água no solo, o que, por sua vez, favorece maior escorrimento superficial e, conseqüentemente, a erosão do solo e a redução da produtividade das culturas. A incorporação de corretivos e, esporadicamente, de fertilizantes a menores profundidades, com a grade aradora, associada à existência de uma camada compactada logo abaixo, estimula o sistema radicular das culturas a permanecer na parte superficial do solo. A planta passa a explorar, portanto, menor volume de solo e fica mais vulnerável a veranicos que porventura ocorram durante o ciclo da cultura, podendo causar prejuízos ao agricultor. Verifica-se que, à medida que se aumenta a área da propriedade, há preferência pela grade aradora em detrimento do arado de disco (Quadro 2), possivelmente decorrente do maior rendimento de

QUADRO 2 - Porcentagem de uso do arado de disco e da grade aradora por extrato de áreas - município de Ituiutaba (MG)

Área (ha)	Porcentagem	
	Arado de disco	Grade aradora
0 - 50	84	16
51 - 100	100	0
101 - 200	75	25
201 - 500	25	75
501 - 1000	0	100

FONTE: Gois (1993 apud MANTOVANI et al., 2001).

trabalho e menor consumo de combustível com a grade.

Arado de disco

O arado de disco trabalha a uma profundidade média de 20 cm, incorporando parcialmente os resíduos vegetais e plantas daninhas. Seu uso generalizado deve-se a sua boa adaptação aos vários tipos e condições de solo, como os pedregosos ou os recém-desbravados, onde ainda existam raízes e tocos, e por promover uma boa mistura de calcário ao solo. Suas desvantagens são o baixo rendimento do trabalho e o alto consumo de combustível na operação. Em terrenos com grande quantidade de massa vegetal na superfície, é necessário triturar esse material, para que o arado de disco não apresente problemas de embuchamento. Enfim, consegue-se boa penetração do arado, quando a umidade do solo é adequa-

da, a regulagem do arado está correta e não há excesso de resíduos vegetais na superfície do terreno. Como no caso da grade aradora, quando se faz a aração sempre a uma mesma profundidade, há o aparecimento de uma camada compactada (pé-de-arado) abaixo da zona revolvida pelo arado.

Arado de aiveca

A procura por esse equipamento não é grande, embora ele apresente algumas vantagens: é eficiente na descompactação, porque penetra à profundidade de até 40 cm, controla melhor as invasoras e enterra restos vegetais e sementes. Suas desvantagens são: dificuldade para trabalhar em áreas onde existam muitos tocos e raízes, embora a indústria venha trabalhando para dotá-lo de mecanismo que reduza essa limitação, e menor adaptabilidade a diferentes solos. Para os solos pegajosos, o mais recomendado é o arado de aiveca com telha tombadora recortada. Para os de textura média, o arado com telha inteiriça ou lisa é mais apropriado, embora deixe muito pouco resíduo vegetal na superfície. Demanda, ainda, maior potência na tração para realizar aração profunda, o que, de certa forma, aumenta os riscos de compactação, devido ao peso dos tratores empregados. Segundo Kluthcouski et al. (1988), os arados devem ser regulados para operar a uma profundidade de 25 a 35 cm, visando eliminar camadas compactadas localizadas superficialmente e favorecer o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Recomendam, ainda, a utilização da grade para incorporar os resíduos vegetais com uma antecedência de 10 a 15 dias em relação à aração, e uma aração com arado de disco ou de aiveca como método mais adequado para a cultura do feijoeiro.

Arado escarificador

Sua principal característica é de, no preparo, somente tornar o solo mais frouxo, sem revolvê-lo muito e sem causar compactação, trabalhando até a profundidade de 40 cm e, quando dotado de rolo destorroador/nivelador, dispensar a gradagem. É de grande eficiência na descompactação do

QUADRO 1 - Consumo de combustível e rendimento de diferentes implementos de preparo do solo

Equipamento	Consumo de combustível		Rendimento (ha/h)
	L/ha	Relativo (%)	
Arado de discos	25,7	(100)	0,40
Grade aradora	13,9	(54)	0,90
Escarificador	17,1 - 20,6	(67 - 80)	0,70 - 0,87

FONTE: Hoogmoed e Derpsch (1985 apud DERPSCH et al., 1991).

solo e deve ser empregado quando este apresentar-se mais seco, entretanto, dentro da faixa de friabilidade (30% a 40% da capacidade de campo), para que não haja formação de grande quantidade de torrões grandes. Apresenta bom rendimento e proporciona bom desenvolvimento radicular e facilidade para a infiltração de água. O diferencial entre esse equipamento e aqueles de preparo convencional reside no fato de o escarificador possibilitar que grande parte dos resíduos vegetais continue sobre a superfície do solo. Como desvantagens ele pode apresentar, em áreas onde há muitos tocos e raízes, um trabalho de pior qualidade, mesmo com equipamentos dotados de mecanismos de desarme automático, embora terrenos com essas características sejam raros para a prática de agricultura irrigada. Quando existe uma massa vegetal muito densa, que é o caso da agricultura irrigada, pode ocorrer embuchamento do equipamento, inclusive naqueles dotados de disco de corte de palha. Nessa situação, deve-se dedicar maior atenção às operações que antecedem a aração, como cuidar para que os resíduos vegetais estejam uniformemente distribuídos e secos, pois, caso estejam apenas murchos, a operação de corte é prejudicada, aumentam-se os riscos de embuchamento e a qualidade do plantio diminui. Como este arado não inverte a camada superficial do solo, haverá uma pronta emergência de plantas daninhas. Portanto, deve haver um perfeito conhecimento para uso de herbicidas no momento adequado.

Sistema Plantio Direto (SPD)

Trinta anos após sua introdução em território nacional, o SPD consolidou-se como uma tecnologia conservacionista largamente aceita pelos agricultores. Está fundamentado na mobilização mínima do solo, numa faixa estreita da superfície do terreno para o plantio, na manutenção de palhada sobre o solo, no controle químico de plantas daninhas e na necessidade da sucessão e rotação de culturas. Requer cuidados na sua implantação, mas, depois de estabele-

cido, seus benefícios estendem-se não apenas ao solo e, conseqüentemente, ao rendimento das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários, mas também, devido à drástica diminuição da erosão, à redução do potencial de contaminação do meio ambiente. Este sistema dá ao agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada em comparação com os métodos tradicionais de manejo de solo. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o SPD é uma ferramenta essencial para se alcançar a sustentabilidade agropecuária.

Iniciado no Paraná e no Rio Grande do Sul, em 1970, e com o processo de adoção pelos agricultores a partir de 1976, o SPD está, hoje, sendo adotado e adaptado em quase todas as regiões do Brasil. Segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (2004), na safra 1990/1991, apenas 1 milhão de hectares eram cultivados com este sistema. Dois anos depois, em 1992/1993, a área dobrou e, em 1994, atingia três milhões de hectares. Hoje são cerca de 18 milhões de hectares expandindo-se em todo o território nacional, incluindo grandes, médios e pequenos produtores e, dentre estes, os que utilizam tração animal. O Rio Grande do Sul, o Paraná e a região dos Cerrados são os locais de maior expansão dessa técnica, que hoje é aplicada não só nas culturas de soja e milho, mas também de feijão, arroz, trigo, cana-de-açúcar e pastagens, além das aplicações de pré-plantio para florestas, citros e café.

Fundamentos do SPD

O plantio direto, definido como o processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra, é hoje entendido como um sistema com os seguintes fundamentos que interagem entre si:

a) eliminação/redução das operações de preparo do solo: como resultado, há maior manutenção da estabilidade

de agregados, o que melhora a estrutura do solo, evita compactação, melhora a taxa de infiltração da água e mantém a umidade, melhora o arejamento e a atividade biológica do solo, além de manter nele a matéria orgânica;

b) uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas: usar herbicidas dessecantes significa substituir a energia mecânica do preparo do solo (óleo diesel, que é não-renovável), pela energia química. É fundamental o uso de métodos integrados de controle de plantas daninhas, que explorem culturas de cobertura, rotação de culturas e herbicidas específicos;

c) formação da cobertura morta: protege o solo contra a ação de ventos e o impacto das gotas d'água, reduz o escoamento superficial e a erosão; protege o solo contra o efeito de raios solares, o que reduz a evaporação, a temperatura e a amplitude térmica; aumenta a matéria orgânica do solo, necessária a uma atividade microbiana mais rica, que permite maior reciclagem de nutrientes. Além disso, auxilia no controle de plantas daninhas, pela supressão ou efeito alelopático;

d) rotação de culturas: a combinação de espécies com diferentes exigências nutricionais, produção de fitomassa e sistema radicular torna o sistema mais eficiente, além de facilitar o controle integrado de pragas, doenças e plantas daninhas;

e) uso de semeadoras específicas: para o plantio em solo não-revolvido, é natural que exista maior resistência, devido à presença da palha sobre a superfície e ao rompimento do solo para a abertura dos sulcos. Em razão disso, há necessidade de utilizar semeadoras especialmente desenvolvidas para trabalhar nessas condi-

ções. Elas são equipadas com dispositivos especiais de corte de palha e de abertura de sulcos, onde são depositados os adubos e as sementes, deixando o máximo de palha sobre o solo.

Requisitos básicos para o SPD

O sucesso ou insucesso da implantação do SPD depende, além dos requisitos básicos, da capacidade do produtor e de sua experiência na mecanização agrícola e no manejo de diferentes culturas que farão parte dos sistemas de rotação e/ou sucessão de culturas, que envolve, muitas vezes, agricultura e pecuária e, em algumas áreas, o manejo de plantas daninhas com uso de herbicidas. Nos últimos anos, tem sido comum produtores não muito experientes, motivados pelo sucesso do SPD, implantarem-no sem obedecer os requisitos básicos, alegando que isso implicaria em atraso. Ocorre que a não observância de alguns dos princípios básicos compromete a viabilidade técnica e econômica, gera frustrações e, muitas vezes, implica no abandono do SPD antes que ele possa manifestar todo o seu potencial. Assim, é prudente que o produtor inicie o sistema em pequenas áreas, para melhor entendimento e domínio da tecnologia.

- a) qualificação do agricultor: por se tratar de um sistema complexo, exige que o agricultor tenha conhecimento mais amplo e domínio de todas as fases do sistema, envolvendo o manejo de mais de uma cultura e, muitas vezes, associação de agricultura e pecuária. O sistema exige, ainda, um acompanhamento mais rígido da dinâmica de pragas, doenças e plantas daninhas, do manejo de fertilizantes e das modificações causadas ao ambiente;
- b) gerenciamento e treinamento de mão-de-obra: pelas razões já expostas, há necessidade de maior treinamento de mão-de-obra;

- c) boa drenagem de solos úmidos com lençol freático elevado: necessária para que esses solos sejam aptos ao sistema, pois o plantio direto já promove aumento da água no solo (em consequência de menor escoamento superficial, de maior infiltração e de menor evaporação). Isto poderá agravar o problema de excesso de umidade em solos com drenagem deficiente, principalmente em solos "pesados", em razão da quantidade de argila, onde temperaturas mais frias podem afetar a germinação e a emergência de plântulas. No Brasil, baixas temperaturas do solo dificilmente constituirão um problema;
- d) eliminação, antes da implantação, de compactação ou de camadas adensadas: a presença de camadas compactadas no solo, geralmente resultantes do uso inadequado de arados ou grade aradora, após sucessivos anos, sempre a uma mesma profundidade, causa uma série de problemas: redução da infiltração de água no solo, favorecendo o escoamento superficial e a erosão; concentração do sistema radicular nas camadas superficiais do solo, reduzindo o volume de solos explorado pelas raízes, tanto em termos de nutrição das plantas quanto de absorção de umidade, o que torna as plantas mais suscetíveis aos veranicos, reduzindo sua produtividade. Como o plantio direto não elimina essas camadas, esse trabalho deve ser realizado antes da implantação do sistema;
- e) superfície do terreno deve estar nivelada: solos cheios de sulcos ou valetas devem ser preparados previamente, tornando a superfície do terreno a mais nivelada possível. O problema é muito comum em áreas de pastagens degradadas. Existem no mercado plantadoras com sistema de plantio que permite acompanhar o microrrelevo do solo, entretanto,

o ideal é o nivelamento prévio da área;

- f) correção da acidez do solo antes de iniciar o plantio direto: como no SPD o solo não será revolvido, é importante corrigi-lo quimicamente, tanto na camada superficial como na sub-superficial. Para isso, ele deverá ser amostrado de 0-20 e de 20-40 cm e, se necessário, efetuar a calagem, incorporando o calcário o mais profundo possível. Se for conveniente, fazer aplicação de gesso. O uso do calcário na superfície do solo tem sido efetivo e traz vantagens econômicas (menor custo da aplicação do calcário sem incorporação por meio da aração e gradagens) e de conservação do solo, pois, sem o revolvimento, sua estrutura física é mantida, o que é fundamental no controle da erosão, principalmente em solos arenosos;
- g) níveis de fertilidade devem-se situar na faixa de média a alta: a correção dos teores de fósforo e potássio é necessária antes de iniciar o SPD. Na realidade, o agricultor deve manter, como meta, os níveis de fertilidade na faixa alta e estabelecer um programa de adubação de reposição, considerando o sistema como um todo e as menores perdas de nutrientes resultantes da menor erosão;
- h) restos de cultura na superfície devem cobrir, pelo menos, 50% do solo, ou 6 t/ha de matéria seca para cobertura do solo: provavelmente, este é um dos requisitos mais importantes para o sucesso do SPD, por afetar praticamente todas as modificações que o sistema promove. As opções de palhadas e a sua permanência sobre o solo variam entre diferentes regiões, pois dependem das condições climáticas de cada local;
- i) jamais queimar os restos de cultura: este requisito é claro, mas pode ser

um problema para a cultura do algodão, pois, por razões fitossanitárias, o produtor é obrigado a queimar os restos de cultura. A diversificação das culturas no sistema agrícola é a maneira adequada de contornar esse problema;

- j) uso do picador e distribuidor de palhas nas colhedoras: o objetivo dessa prática é promover a melhor distribuição dos restos de cultura na superfície do solo, conferindo-lhe maior proteção e facilitando o plantio;
- k) eliminação de plantas daninhas perenes: são de difícil controle e tendem a aumentar sua infestação com o uso do SPD. É importante que elas sejam erradicadas no início da implantação do sistema;
- l) baixa infestação de plantas daninhas muito agressivas: essas plantas daninhas, além de difícil controle, oneram o custo da produção;
- m) plantas daninhas devem ser identificadas e receber controle específico, antes da implantação do SPD: no plantio direto, as plantas daninhas são controladas sem o uso de processos mecânicos e seu custo representa um alto percentual do custo total de produção. Portanto, toda ação que reduzir ou facilitar o controle dessas plantas, antes da instalação do SPD, deve ser adotada.

Rotação de culturas

Na implantação e condução do SPD de maneira eficiente, é indispensável que o esquema de rotação de culturas promova, na superfície do solo, a manutenção permanente de uma quantidade mínima de palhada, que nunca deverá ser inferior a 2 t/ha de matéria seca. Como segurança, devem ser adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6 t/ha/ano, ou mais, de matéria seca. Neste caso, a soja contribui com muito pouco, raramente ultrapassa 2,5 t/ha de massa seca (RUEDELL,

1998). No início do SPD, é importante priorizar a cobertura do solo, principalmente se as áreas apresentarem certo grau de degradação. Para isso, onde for possível, as culturas de milho e de aveia integradas e de forma planejada no sistema de rotação proporcionam alto potencial de produção de fitomassa de elevada relação C/N, e garantem a manutenção de cobertura do solo, dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície. Também as braquiárias apresentam essas condições e representam uma excelente alternativa em áreas de integração lavoura-pecuária.

A rotação de culturas é fundamental para a sustentabilidade do SPD. Quando se pensa em sistemas de rotação, deve-se considerar o ciclo completo da rotação. Uma cultura que entra no sistema não deve ser avaliada isoladamente, pois, além do retorno econômico direto, deve-se considerar o retorno indireto, isto é, os benefícios gerados às culturas complementares (reciclagem de nutrientes, produção de fitomassa, controle de doenças, pragas e plantas daninhas, aumento no rendimento de grãos, melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo).

Existem vários sistemas de rotação de cultura em SPD, que envolvem a cultura do feijão, para diferentes regiões do Brasil. Suzuki et al. (2002) verificaram que, após quatro anos de manejo com diferentes sucessões de cultura, não houve influência dos resíduos das plantas de milho, soja ou algodão, em cobertura, na produção de grãos de feijão de inverno. Verificaram ainda maior rendimento no SPD, em que as sucessões com soja e algodão foram melhores para o rendimento do feijão. No preparo convencional, o feijão plantado após o algodão foi a melhor opção. Plastino et al. (2000) não constataram efeito significativo da rotação, ao utilizarem milho, soja, arroz, e da adubação verde ou pousio no verão sobre o rendimento de duas cultivares de feijão plantadas em SPD no outono-inverno. Após seis anos de estudo, foi verificado que a rotação de culturas teve

efeito significativo sobre o rendimento do feijoeiro, tendo a rotação arroz consorciado com calopogônio propiciado os maiores rendimentos para aquela cultura nos seis anos de cultivo, mostrando que o adubo verde cultivado anteriormente foi benéfico a ela. Os rendimentos do feijoeiro, após o arroz, foram iguais aos rendimentos da rotação anterior em quatro dos seis anos de estudo. Na rotação soja-trigo-soja-feijão-arroz-feijão, observou-se que, quando o feijão foi semeado após um ano de ausência no cultivo anterior de inverno (cultivos de inverno de 1994 e 1997, quando foi cultivado trigo), seus rendimentos foram iguais ao melhor tratamento, mostrando que o cultivo do feijoeiro em intervalos maiores é benéfico. De modo geral, os piores rendimentos do feijoeiro foram alcançados na rotação milho-feijão e milho-feijão-milho-feijão-arroz-feijão. A menor produtividade do feijoeiro após o milho pode ser atribuída, em parte, à deficiência de nitrogênio, devido à maior competição dos microrganismos para o nutriente, durante a decomposição da palhada de milho (SILVEIRA, 2001). Segundo este autor, já foi observada, em feijoeiros cultivados em sucessão ao milho, clorose semelhante àquela desenvolvida por deficiência de nitrogênio e menores conteúdos de nitrogênio na planta, em relação à sucessão ao arroz. O menor rendimento de grãos de feijão, verificado na sucessão com milho, foi também observado por Carvalho (2000), que o relacionou à alta relação C/N nos restos da cultura de milho. Ele observou, ainda, que, nos tratamentos anteriores com milho, a cultura do feijoeiro apresentava amarelecimento proveniente de deficiência de nitrogênio, efeito imediato da aplicação de material orgânico com larga relação C/N sobre a imobilização do nitrogênio assimilável do solo. Pereira Filho et al. (1996) não observaram efeito de nível de palhada de milho (0, 4 e 8 t/ha), plantado em outubro, sobre o rendimento do feijoeiro plantado em fevereiro. Esses autores não verificaram diferença de rendimento entre o SPD e o sistema convencional de preparo do solo: encontraram crescimento linear

na produtividade do feijoeiro com o aumento das doses de nitrogênio.

Dinâmica de plantas daninhas

Os sistemas de manejo que apresentam diferentes graus de mobilização do solo e a presença de diferentes tipos de restos de cultura na superfície podem modificar a biomassa, a densidade de indivíduos e a composição botânica de plantas daninhas. Souza et al. (2002) verificaram que o tratamento de grade pesada, mais arado de disco, apresentou biomassa seca acumulada superior aos demais tratamentos e as parcelas com arado de disco apresentaram acúmulo de biomassa superior ao do SPD. Falleiro et al. (2002) verificaram que os sistemas de manejo do solo apresentaram as seguintes médias estimadas de biomassa seca total (g/m^2) e densidade de indivíduos (plantas/m^2), respectivamente: SPD (217,85 e 78,95), arado de disco (413,57 e 418,25), arado de aiveca (388,86 e 698,25), grade pesada (377,78 e 306,00), grade pesada + arado de disco (734,38 e 589,00) e grade pesada + arado de aiveca (313,15 e 449,75). Em plantio de feijão cultivado após milho para produção de grãos ou silagem, verificou-se que, no SPD, as espécies dicotiledôneas foram mais importantes, principalmente *Coronopus didymus*, e que no plantio convencional houve maior densidade, frequência e acúmulo de biomassa de *Cyperus rotundus*, independentemente da finalidade de uso anterior da cultura do milho (JAKELAITIS et al., 2002).

A semeadura de feijão em áreas com plantas espontâneas de capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) e braquiária (*B. decumbens*) é prática comum no Brasil, sendo que essas plantas, após dessecadas, podem constituir uma importante cobertura para o SPD. Lollato et al. (2002) avaliaram o efeito de 2, 4 e 8 t/ha dos dois capins e concluíram que suas coberturas de palha seca podem ser utilizadas com êxito no plantio direto de feijão e que, em maiores quantidades, podem aumentar a produção de sementes. No plantio do feijão, a maior quantidade de cobertura morta contribuiu para a menor

emergência de plantas daninhas na cultura do feijoeiro no inverno, indicando uma quebra no ciclo das plantas daninhas, diminuindo sua incidência (COBUCCI et al., 2001).

Modificações causadas pelo plantio direto

Por ser um sistema que não revolve o solo e por estar fundamentado na presença de restos de cultura sobre a superfície e em sistemas de rotação de culturas, uma série de modificações ocorre no ambiente do solo e afeta o desenvolvimento e a produtividade das culturas.

a) características físicas

Como as características físicas do solo são interdependentes, a ocorrência de modificações em uma delas normalmente acarreta mudança em todas as outras. Uma das primeiras preocupações, quando se trata do manejo do solo, é sua influência na absorção e disponibilidade de água, pois o estado em que se encontra a superfície do solo exerce grande influência na infiltração, drenagem e escoamento superficial. A crosta que se forma nessa superfície durante chuvas intensas tem efeito maior na absorção de água que o tipo de solo, a declividade do terreno ou o seu conteúdo de umidade. O escoamento superficial depende da infiltração de água no solo e, conseqüentemente, de todos os fatores que a influenciam. Em geral, ele é menos influenciado do que as perdas de solo pelo tipo de preparo (BERTOL et al., 2000). Segundo estes autores, o escoamento superficial pode ser expressivo, mesmo sem preparo do solo, especialmente quando for submetido a chuvas de alta erosividade e, principalmente, longos comprimentos de rampa e/ou declividades acentuadas, onde os resíduos de cultura podem ser removidos da superfície do solo pelo escoamento. O Quadro 3 exemplifica o efeito de restos de cultura no escoamento superficial, infiltração e perdas de solo.

A cobertura vegetal (viva ou morta) tem efeito na interceptação das gotas de água, dissipando sua energia cinética, porque

QUADRO 3 - Efeito de diferentes quantidades de resíduos de cultura no escoamento superficial, infiltração e perda de solo, em declividade de 5%

Resíduos t/ha	Efeitos sobre a água e o solo		
	Escoamento (%)	Infiltração (%)	Perda de solo (%)
0	45,3	54,7	13,69
0,550	24,3	74,7	1,56
1,102	0,5	99,5	0,33
2,205	0,1	99,9	0
4,410	0	100,0	0

FONTE: Ramos (1976 apud RUEDELL, 1998).

evita o impacto direto sobre a superfície do solo, reduzindo a desagregação de suas partículas, que é a fase inicial do processo erosivo. Além disso, ela reduz a velocidade do escoamento das enxurradas e melhora ou mantém a capacidade de infiltração de água no solo. Reduz também o efeito da desagregação do solo e evita o selamento superficial provocado pela obstrução dos poros com as partículas finas desagregadas. Exemplificando essa situação, dados de Derpsch et al. (1986 apud CASTRO, 1989) mostram, com curvas de infiltração obtidas com chuva simulada, que a infiltração básica para o plantio direto foi de 45 mm/h (100%), para o preparo com arado escarificador, foi de 35 mm/h (78%) e para o preparo convencional, somente 26 mm/h (58%). Por isso, o solo deveria permanecer sempre completamente coberto por restos vegetais. A infiltração total de água, em condições de altas precipitações pluviais só é garantida por 100% de cobertura do solo. Para tanto, são necessárias de 4 a 6 t/ha de cobertura morta (DERPSCH et al., 1991). Para uma mesma quantidade de água perdida por escoamento, o transporte de solo pela água é muito menor no SPD do que no sistema convencional. Entretanto, alguns casos de erosão significativa têm sido observados em área de plantio direto, devido à baixa cobertura do solo com resíduos, à

retirada do sistema de terraceamento e ao plantio sem obedecer às curvas de nível.

Vale lembrar que o excesso de palha poderá causar algum problema operacional durante o plantio, na emergência das plântulas, e irá requerer maior atenção com a adubação nitrogenada, devido à imobilização desse nutriente pelos microrganismos, a qual causa deficiência às plantas. O escoamento superficial de água é fortemente influenciado pelo declive, ou seja, a probabilidade de haver erosão cresce com o aumento da declividade do terreno, existindo, assim, um comprimento crítico do declive a partir do qual a erosão hídrica aumenta. Faz-se necessário, portanto, interceptar o escoamento, para que o fenômeno da erosão seja minimizado. A maneira mais eficaz é o seccionamento do comprimento do declive, pela construção de um sistema de terraceamento. Embora sua eficiência seja inegável, deve-se ter em mente que terraço não é sinônimo de conservação do solo, por isso, deve ser sempre empregado em associação com outras técnicas de manejo e de conservação do solo e da água, com vistas a que o sistema seja o mais sustentável possível. Há uma corrente que defende a retirada dos terraços no SPD, entretanto, em alguns casos, essa prática tem causado o retorno da erosão, principalmente em áreas com solos de textura média. Bertol et al. (1997) demonstraram a necessidade de manutenção dessas estruturas mesmo em áreas sob SPD, como forma de minimizar os prejuízos advindos da erosão, pois, a partir de determinado comprimento de declive, o volume da enxurrada aumenta e passa a escorrer por debaixo da camada de resíduos, erodindo o solo.

Os dois principais tipos de terraços que se têm usado em terras agricultáveis são o de base larga e o de base estreita. Eles podem, ainda, ser construídos em nível, também chamados terraços de armazenamento de água. Em solos com baixa taxa de infiltração de água, o tipo de terraço indicado é com gradiente, para drenar o excesso de água que será conduzido para canais escoadouros naturais, artificiais ou para

bacias de contenção, armazenamento e infiltração. Especialmente em áreas com agricultura irrigada, o terraço de base larga apresenta algumas vantagens sobre o de base estreita. A primeira delas é a de que não constitui obstáculo ao tráfego, pois pode-se transitar e plantar sobre ele, o que elimina muitas manobras de veículos e máquinas sobre a área. Essa racionalização no tráfego reduz a compactação superficial e, por conseguinte, a erosão. Também diminui o consumo de combustível, melhora o rendimento das operações realizadas nas diversas fases das culturas e ganha-se tempo em todas as etapas. Outra vantagem é que há o aproveitamento de 100% da área agrícola. Atualmente, programas para computadores têm possibilitado dimensionar e otimizar a implantação e o manejo de sistemas de conservação de solos e de drenagem de superfície, constituindo-se, dessa forma, em poderoso aliado para o planejamento conservacionista e, conseqüentemente, para o próprio desenvolvimento sustentável da agricultura. Tradicionalmente, o espaçamento entre terraços é feito com o uso de tabelas. Entretanto, é importante salientar que o sistema de manejo do solo, a seqüência de culturas e as características locais de relevo e de solo podem interferir no sistema de terraceamento. Nunca é demais lembrar que o sistema de terraceamento não resolve o problema da erosão na faixa de plantio entre eles. Nesse caso, é necessário que outras tecnologias de manejo de solo, de água e de plantas sejam associadas, para que esses problemas sejam minimizados.

- densidade do solo e porosidade:

Comparado com o preparo convencional, embora os valores da densidade do solo sejam maiores no SPD, há uma maior homogeneidade ao longo do perfil. No sistema convencional, os valores da densidade são menores na camada arável, mas podem-se verificar valores maiores logo abaixo, caracterizando a presença de pé-de-arado ou pé-de-grade. Por outro lado, o uso excessivo de máquinas sobre áreas de

plantio direto em solo com teor de umidade inadequado pode agravar os problemas de aumento da densidade global. Esse problema é mais sério em solos argilosos. Embora os maiores valores de densidade global e baixo volume de macroporos do plantio direto, em relação ao convencional, sejam características que poderiam limitar a infiltração, outras características, como o não-revolvimento do solo, a continuidade dos macroporos e dos canalículos construídos pela mesofauna, a maior estabilidade de agregados e os efeitos da cobertura morta, que reduzem ou eliminam o efeito de selamento superficial do solo e o escoamento superficial, acabam promovendo maior infiltração de água no solo sob SPD.

Tem-se observado maior compactação do solo nos primeiros anos após a implantação do SPD. Esse efeito pode mesmo afetar o rendimento de culturas mais sensíveis, como a do algodão. Entretanto, o efeito nocivo da compactação desaparece, à medida que o plantio direto se estabelece adequadamente. É de se esperar que, em áreas sob SPD, onde se observam os princípios básicos de sua implantação, principalmente com relação ao estabelecimento de cobertura morta adequada e a eliminação prévia de camadas compactadas, o efeito da compactação seja menor e desapareça mais rapidamente.

- estabilidade de agregados:

Outra importante característica do SPD é o aumento da estabilidade de agregados, o que confere maior resistência à desagregação pelo impacto das gotas de chuva e, conseqüentemente, menores problemas com a formação de selamento superficial, resultando em maior infiltração e menor erosão. Segundo Vieira (1985), a maior estabilidade de agregados no SPD, em comparação com o preparo convencional, pode ser explicada pelas razões a seguir:

- a destruição mecânica dos agregados no preparo convencional, por meio do revolvimento pelos implementos, geralmente mais de uma vez por ano, debilitaria a estrutura do solo;

- uma maior concentração de cátions como Ca^{++} e Mg^{++} próxima à superfície do solo sob SPD poderia afetar positivamente a estrutura;
- a presença constante de material orgânico em decomposição na superfície do solo favoreceria a agregação do solo, sobretudo na camada de 0 a 2 cm;
- a cobertura morta, que evita o impacto direto das gotas de chuva, protegeria a estrutura superficial do solo;
- com a maior densidade global no SPD, os agregados tornar-se-iam mais resistentes à desagregação;
- uma maior população de minhocas no SPD produz coprólitos que formam agregados de alta estabilidade.

- temperatura do solo:

A temperatura do solo exerce influência sobre as plantas o que promove variações na velocidade de germinação das sementes, na emergência de plântulas, na absorção de água e nutrientes e no desenvolvimento radicular. É alterada pelo SPD, considerando que é afetada pela radiação solar, propriedades físicas, conteúdo de água no perfil, condutividade térmica e cobertura do solo. Devido à camada de cobertura morta, ocorrem no SPD menores oscilações de temperaturas, menores temperaturas ao longo do dia e temperaturas inferiores durante o ciclo das culturas. Além do desenvolvimento de plantas, o balanço hídrico e a temperatura do solo têm grande influência na atividade biológica do solo. Temperaturas acima de 32°C podem afetar a fixação de N_2 pela associação feijoeiro x rizóbio.

b) fertilidade do solo

No SPD, o aporte constante de restos de cultura na superfície do solo, o não-revolvimento dele e o uso de fertilizantes e corretivos resultam na formação de um gradiente de fertilidade no sentido vertical e maior variabilidade no sentido horizontal,

pelas linhas de adubações, principalmente na fase de implantação do sistema.

c) atividade biológica

O conteúdo de matéria orgânica do solo tem sido considerado há muito tempo como um dos mais importantes condicionantes da produtividade das culturas. A matéria orgânica disponibiliza nutrientes às plantas, melhora a estrutura do solo, influencia as relações entre água, ar, resistência mecânica e temperatura do solo, auxilia no controle de erosão e melhora o desempenho dos equipamentos de preparo do solo. A disponibilidade de matéria orgânica é fundamental para a vida microbiana do solo, pois é dela que a maioria dos organismos obtém a energia e os elementos minerais e orgânicos para a realização de seus processos vitais. Mesmo partindo-se de produção de iguais quantidades de restos de cultura, o fato de, no SPD, os restos de cultura ficarem na superfície do solo, enquanto são enterrados no preparo convencional, resulta em diferentes taxas de decomposição do material vegetal. Ao se fazer a incorporação dos restos de cultura no preparo do solo, o arejamento é favorecido, o que, concomitantemente com a introdução de resíduos vegetais, acelera a atividade microbiana e, conseqüentemente, a sua decomposição. Por outro lado, no SPD, a terra mantém-se não revolvida e os resíduos ficam na superfície, o que reduz o contato com os microrganismos e, por isso, a taxa de decomposição é menor. Assim, em iguais circunstâncias, o teor de matéria orgânica é maior em áreas com SPD, comparado com áreas preparadas convencionalmente e isso corresponde a uma atividade microbiana mais elevada.

O SPD, pela ação da cobertura morta na superfície do solo, mantém o teor de umidade mais constante, sendo menos freqüentes os ciclos de umedecimento e secagem do solo. Por outro lado, o revolvimento do solo pela aração e gradagem causa grandes modificações nas populações microbianas, pois os microrganismos que se encontram em maiores profundidades

são trazidos para a superfície nua do solo e, não suportando a exposição às amplitudes térmicas e alternâncias de umidade, morrem. No preparo convencional, a aeração provocada pela aração e gradagem e a incorporação maciça dos resíduos orgânicos incrementam a atividade temporária dos microrganismos que logo decresce, quando os resíduos são consumidos. No SPD, a decomposição é mais lenta, mantendo a população microbiana mais constante. Uma das principais conseqüências desse aspecto é o efeito do SPD sobre a simbiose rizóbio e leguminosas.

d) ocorrência de pragas

No preparo convencional do solo, a aração e a gradagem, além de controlarem plantas daninhas, têm também o objetivo de eliminar ou minimizar problemas causados por certas pragas que passam, pelo menos, uma parte de seu ciclo biológico no solo ou na sua superfície. Para o SPD, as pragas conhecidas de hábito subterrâneo são as mais importantes. Por causa da ausência de preparo do solo, desenvolvem-se grupos de pragas com ciclo biológico mais longo e a bioecologia dessas pragas difere substancialmente daquela do sistema convencional de plantio. A maioria dos insetos subterrâneos considerados pragas utiliza como hospedeiros culturas como milho, soja, trigo, arroz, feijão, usualmente componentes do SPD. Vários grupos de insetos danificam as sementes após o plantio ou atacam o sistema radicular dessas culturas. Geralmente, o ataque acarreta falhas nas lavouras e as plantas sobreviventes tornam-se improdutivas ou aumentam as perdas na colheita, devido ao tombamento ou danos causados às sementes e ao sistema radicular.

Tem sido relatada grande ocorrência de lesmas em plantios de feijão irrigado no período de janeiro a março, especialmente no SPD, quando o feijoeiro é plantado após o milho. Há indicações de que o problema pode ser reduzido, quando a palhada da cultura anterior produzir em sua decomposição mais celulose/lignina que carboidratos.

e) ocorrência de doenças

Os efeitos do SPD sobre a ocorrência de doenças, no Brasil, ainda são pouco estudados. Sabe-se que os restos de cultura mantidos sobre a superfície do solo servem como fonte de nutrientes e abrigo para a sobrevivência, crescimento e reprodução de organismos patogênicos. Em alguns casos, a intensidade de doenças é maior no SPD. Em outros, a presença de inóculo na palha não significa necessariamente desenvolvimento de epidemias. As consequências são mais nocivas se um sistema adequado de rotação de culturas não for estabelecido. No caso de patógenos veiculados pelo vento, uma lavoura pode sofrer influência de restos de cultura de áreas adjacentes.

A severidade de doenças como o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) tem aumentado na região do Cerrado, onde sistemas de produção, que envolvem seqüências de culturas suscetíveis, como feijão, ervilha ou tomate, no inverno e soja, no verão, passaram a ser adotados, com a irrigação que propicia condições favoráveis de umidade para o desenvolvimento da doença. Segundo Nasser e Karl (1998), o plantio direto de feijão sobre palhada de arroz ou milho reduziu o ataque de *S. sclerotiorum*, o que parece estar relacionado com a umidade, a temperatura e a maior atividade biológica de inimigos naturais do fungo.

No Sistema Santa Fé, cultivam-se, seqüencialmente, uma ou duas culturas solteiras por ano e uma última, a safrinha, que consiste em um consórcio de uma cultura precoce com uma gramínea forrageira. A exploração agrícola, nessas condições, caracteriza-se por um cultivo solteiro no início da estação chuvosa, seja de milho, seja soja ou arroz, e um cultivo de safrinha associada a uma forrageira, comumente a *Brachiaria brizantha* (OLIVEIRA et al., 2001). Geralmente, utiliza-se como cultura de safrinha o milho, o sorgo ou o milheto, também em plantio direto. Como resultado, tem-se, a partir do segundo ano ou mais de cultivo, solos agricultáveis corrigidos, com altos níveis de fertilidade e fisicamente estruturados. Essas áreas, inicialmente de

fertilidade comprometida, passam a apresentar altos teores de matéria orgânica, baixos níveis de acidez e elevada infiltração de água no solo em relação às áreas, onde ainda se utilizam práticas tradicionais de cultivo. Outro enfoque do Sistema Santa Fé é sua implantação anual, que consiste em cultivo consorciado de culturas anuais como milho, sorgo, milheto, arroz de terras altas e soja, com espécies forrageiras, principalmente as braquiárias, em áreas agrícolas, em solos parcial ou devidamente corrigidos. As práticas que compõem o sistema minimizam a competição precoce da forrageira, o que evita redução do rendimento das culturas anuais e permite, após a colheita destas, uma produção forrageira abundante e de alta qualidade para a alimentação animal. A braquiária, em consórcio com o milho, pode ser utilizada posteriormente como palhada e, através dos anos, ou com seu uso contínuo, pode induzir supressividade geral de *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* ou

servir como barreira física à disseminação do mofo-branco, quando essa doença for proveniente de ascósporos originários do inóculo no solo. Oliveira et al. (2001) ressaltam o uso de braquiárias em SPD, com menor incidência de mofo-branco e supressão de *R. solani* e *F. solani*.

f) desenvolvimento de plantas e produtividade

As diferenças na produtividade das culturas refletem, além do sistema de manejo do solo, todas as características do sistema de produção utilizado. Mais do que qualquer resultado de pesquisa, a espetacular expansão do SPD a partir dos anos 90 demonstra a competitividade desse sistema. Obviamente, sua maior eficiência, refletida em produtividade, vai depender da eficiência de sua implantação e das condições edafoclimáticas da região. O Quadro 4 mostra uma comparação entre os rendimentos obtidos com o SPD e o sistema convencional.

QUADRO 4 - Comparação de rendimento de feijão em SPD e sistemas convencionais (grade aradora, arado de disco ou combinação de ambos)

Fonte	Safras avaliadas	Plantio direto (kg/ha)	Plantio convencional (kg/ha)
Aidar et al. (2002)	1	2.762 A	1.506 B
Alvarenga (1996)	2	2.266 A	2.653 A
Arf et al. (2002)	1	1.809 A	1.891 A
Cruz et al. (1996)	7	1.888 A	1.581 B
Derpsch et al. (1991) (produção relativa)	3	100 %	103 %
Muzilli (1981)	3	1.535 A	1.478 A
Pereira Filho et al. (1996)	3	1.762 A	1.647 A
Rubin et al. (2002)	1	1.986 A	1.973 A
Santos et al. (2002)	1	1.077 A	1.107 A
Sequinatto et al. (2002)	1	2.399 A	2.288 A
Silva et al. (2002a)	1	2.520 A	2.430 A
Silva et al. (2002b)	2	1.782 B	1.830 A
Silveira (2001)	6	2.512 A	2.486 A
Suzuki e Alves (2002)	1	891 A	549 B
Média	30	1.990	1.866

NOTA: Nas linhas, médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa.

O SPD na produção de feijão irrigado

O sistema de plantio de feijoeiro irrigado tornou-se popular nos anos 80, em regiões onde as temperaturas de inverno não ficam abaixo de 10°C. Nesse tipo de sistema, o feijoeiro é cultivado intensivamente, utilizando-se alto investimento, e a produtividade varia de 2,5 mil a 3 mil kg/ha. Após alguns anos, a produtividade tem declinado, mesmo com o aumento de insumos químicos. Essa queda é atribuída à compactação do solo, formação de pé-de-grade e perda de matéria orgânica, além de um aumento significativo da incidência de fungos e pragas. O começo da degradação do solo não é percebido pelos agricultores, porque ocorre de forma gradual, através de erosão laminar. O terraceamento e o cordão em contorno podem reduzir significativamente a erosão do solo. Mesmo assim, a erosão ocorre, devido à precipitação na estação chuvosa em solos sem vegetação ou sem cultura de cobertura. Entretanto, nos últimos anos, a semeadura direta do feijoeiro irrigado por aspersão vem tendo aceitação cada vez maior na região central do Brasil.

Os atributos positivos do SPD em relação aos preparos convencionais do solo são notórios, principalmente nos aspectos físico-hídricos deste, que indicam que o manejo da irrigação do feijoeiro pode ser diferenciado no SPD. O solo em SPD, geralmente, apresenta maiores valores de densidade e microporosidade e menores valores de porosidade total e macroporosidade nas camadas superficiais do perfil, quando comparado a outros sistemas de preparo. Tais condições sugerem baixos índices de infiltração. Contudo, no SPD, com a superfície do solo coberta por restos de cultura e maior rugosidade, associada à maior estabilidade estrutural, a infiltração da água é mais elevada que em outros sistemas de preparo, o que ocasiona menor perda por escoamento superficial. Outra característica hídrica importante do solo sob SPD refere-se à capacidade de armaze-

namento de água. Sob SPD ou em sistemas de preparo reduzido ocorre maior retenção de água pelo solo, principalmente em baixas tensões, o que pode ser atribuído às alterações sofridas na porosidade e ao maior conteúdo de matéria orgânica. Por outro lado, Derpsch et al. (1991) e Moreira et al. (1995) atribuem esse comportamento à maior quantidade de microporos encontrados no SPD.

A cobertura morta em SPD reduz as perdas de água por evaporação, como consequência de três aspectos:

- a) reduz a quantidade de radiação solar direta que atinge a superfície do solo, diminuindo a quantidade de energia disponível para a água mudar do estado líquido para o gasoso;
- b) a água em estado gasoso necessita difundir-se por meio da espessura da camada de restos de cultura, o que reduz substancialmente sua perda, quando comparado com as perdas de uma superfície de solo exposto;
- c) a camada de resíduos orgânicos atua como um isolante térmico, reduzindo a condução do calor para dentro do solo. Conseqüentemente, há maior disponibilidade de água para as plantas.

Verificou-se, também, que a dinâmica da água parece não se alterar muito, quando se mantêm pelo menos 6 t ha⁻¹ de resíduos sobre a superfície do solo, o que significa economia no consumo de água para irrigação. Além da maior infiltração e menor perda por evaporação, a maior disponibilidade de água para as plantas no SPD também pode ser atribuída à modificação na curva característica da água no solo. Segundo Sidiras et al. (1983), o SPD é capaz de reter de 36% a 45% mais água disponível para as culturas.

Nos primeiros anos de implantação do SPD, o solo geralmente apresenta maior compactação na camada de 0 a 20 cm de pro-

fundidade, devido a sua maior densidade e a sua menor porosidade total e macroporosidade, quando comparado a outros sistemas de preparo. Quanto mais compactado o solo, menor será o volume do conjunto de poros existentes entre os agregados. Isto significa que o teor de água de saturação, bem como a redução inicial do conteúdo de água, como consequência da aplicação da tensão, são diminuídos. Por outro lado, em solos compactados, é maior o volume dos poros de tamanho intermediário, uma vez que poros originalmente grandes podem ter sido comprimidos e reduzidos em tamanho pela compactação, ao passo que os poros internos nos agregados, os microporos, permanecem inatingidos. Isto explica o fato de solos compactados e não compactados poderem apresentar curvas quase idênticas, sob condições de alta tensão. Com o passar do tempo, entretanto, a densidade do solo sob SPD pode vir a diminuir, devido, em parte, ao aumento do conteúdo de matéria orgânica na camada superficial, que favorece a melhoria da estrutura do solo e pode modificar a sua capacidade de retenção de água. Urchei (1996) verificou que, sob SPD, há maior retenção de água na camada do solo de 0-10 cm de profundidade, do que sob preparo convencional. Nas camadas de 11-20 cm e 21-30 cm de profundidade, as curvas de retenção de água tiveram praticamente o mesmo comportamento nos dois sistemas de preparo do solo.

Moreira (1999) verificou que a produtividade máxima do feijoeiro no SPD ocorreu quando as irrigações foram realizadas com tensão de água do solo em torno de 16,2 kPa. Admitindo-se uma redução na produtividade de 10%, esse autor recomenda iniciar a irrigação, quando a tensão matricial da água do solo se situar entre -20 kPa e -35 kPa, o que aumenta o intervalo entre irrigações, com a consequente redução nos custos de operação do sistema de irrigação. Esse valor está na faixa de tensão da água do solo recomendada por Silveira e Stone (1994), para o reinício da irrigação

do feijoeiro, em condições de preparo convencional. Isso implica que, em condições idênticas de irrigação, no SPD poderá haver mais água disponível para as plantas e menor variação no seu conteúdo que em sistemas de preparo que revolvem o solo. Stone e Silveira (1999) verificaram que a tensão matricial da água do solo foi menor e menos variável ao longo do ciclo do feijoeiro em SPD do que em parcelas preparadas com grade aradora e com arado de aiveca. Outros detalhes sobre a eficiência no uso da água em SPD podem ser encontrados no artigo Irrigação.

A cobertura do solo é de extrema importância na determinação das vantagens do SPD em relação a outros preparos que mobilizam o solo. Verifica-se economia de água, quando a cobertura do solo é superior a 50%. Ressalta-se que o feijão, uma das principais culturas conduzidas sob irrigação, produz uma pequena quantidade de palha após a colheita. Por isso, é importante a presença do milho ou de culturas que apresentem maior produção de fitomassa em sucessão a culturas irrigadas, para que o plantio direto atinja maior eficiência.

REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; THUNG, M.; OLIVEIRA, I.P. de; SANTOS, A.B. dos. Manejo da palhada do arroz, para o cultivo do feijão-comum, em várzeas tropicais irrigadas por sub-irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.593-595.

ALVARENGA, A. de P. **Respostas da planta e do solo ao plantio direto e convencional de sorgo e feijão, em sucessão a milho, soja e crotalária.** 1996. 162f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E. de; BUZZETTI, S.; NASCIMENTO, V. do. Manejo do solo, adubação nitrogenada em cobertura e lâminas de água em feijoeiro cultivado no período de inverno. In: CONGRESSO NACIONAL DE

PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.619-622.

BERTOL, I.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Distância entre terraços usando o comprimento crítico de rampa em dois preparos conservacionistas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.2, p.417-425, abr./jun. 2000.

_____; _____. LEVIEN, R. Comprimento crítico de declive em sistemas de preparo conservacionistas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, n.1, p.139-148, jan./mar. 1997.

CARVALHO, M.A.C. de. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria-MS.** 2000. 189f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2000.

CASTRO, O.M. de. **Preparo do solo para cultura do milho.** Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41p. (Fundação Cargill. Boletim Técnico, 3).

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Aproveitando-se da planta daninha. **Cultivar**, Pelotas, v.3, n.27, p.26-30, 2001.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; SANS, L.M.A.; LEITE, C.E.P.; ALVARENGA, R.C.; SANTOS, N.C.L.N.; BAHIA, F.G.T.C. Avaliação de diferentes combinações de métodos de preparo do solo sobre a produção de milho e feijão irrigados. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1996. p.245.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ/IAPAR, 1991. 272p. (GTZ. Sonderpublikation, 245).

FALLEIRO, R. de M.; SOUZA, C.M. de; SILVA, A.A. da; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, C.S.W.; SOUZA, B. A. de. Influência dos sistemas de preparo do solo na composição botânica da co-

munidade de plantas daninhas na cultura do feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.475-478.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Área de plantio direto no Brasil.** Ponta Grossa, 2004. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/area_PD_Brasil_2002.htm>. Acesso em: 19 abr. 2003.

FIGUEIREDO, L.H.A.; DIAS JUNIOR, M.S.; FERREIRA, M.M. Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.3, p. 487-493, jul./set. 2000.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R.; SILVA, A.A.; AGNES, E.L. Efeitos de diferentes sistemas de manejo da cultura do milho sobre a população de tiririca e de outras plantas daninhas na cultura do feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.461-464.

KAWASAKI, H.; IWATA, F.; MESQUITA FILHO, M.V. de. Concentration of soybean roots in uppermost layers of cerrado soils of Brazil. **JARQ**, Ibaraki, v.18, n.4, p.260-276, Mar. 1985.

KLUTHCOUSKI, J.; BOUZINAC, S.; SEGUY, L. Preparo do solo. In: ZIMMERMANN, M.J. (Coord.). **Cultura do feijoeiro:** fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.249-259.

LOLLATO, M.A.; PARRA, M.S.; SHIOGA, P.S. Efeitos de coberturas do solo com capins marmelada e braquiária sobre o desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.610-611.

MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-55, mar. 1987.

_____; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. **Me-**
canização da cultura do milho. Sete Lagoas:

- Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 24p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 11).
- MORAES, M.H.; LIBARDI, P.L.; BENEZ, S.H.; CARVALHO, W.A. Influência de camadas compactadas de subsuperfície no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 7., 1988, João Pessoa. **Programa e Resumos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.90.
- MOREIRA, J.A.A.; SANTOS, A.B. dos; DINIZ, A.J. Relação massa/volume e retenção de água de um Latossolo Vermelho-Amarelo de Jussara, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/UFV, 1995. v.3, p.1746-1748.
- _____; _____. SILVA, S.C. da; SILVEIRA, P. M. da. **Irrigação do feijoeiro no sistema plantio direto.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 31p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 33).
- MUZILLI, O. Outras alternativas. In: IAPAR. **Plantio direto no estado do Paraná.** Londrina, 1981. p.211-214. (IAPAR. Circular Técnica, 23).
- NASSER, L.C.B.; KARL, A.C. Mofo branco do feijoeiro irrigado e o plantio direto nos cerrados. **Direto no cerrado,** Brasília, v.3, n.8, p.11-12, 1998.
- OLIVEIRA, I.P. de; ROSA, S.R.A. da; KLUTH-COUSKI, J.; AIDAR, H.; COSTA, J.L. da. Palhada no Sistema Santa Fé. **Informações Agronômicas,** Piracicaba, n.63, p.6-9, mar. 2001.
- PEREIRA FILHO, I.A.; COELHO, A.M.; CRUZ, J.C. Influência do manejo do solo, níveis de palha de milho e doses de nitrogênio no plantio e em cobertura sobre a produtividade do feijoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTIO PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL, 1., 1996, Ponta Grossa. **Resumos expandidos...** Ponta Grossa: IAPAR, 1996. p.34-35.
- PLASTINO, P.R.; SEIXAS, E.P.M. de; SÁ, M.E. de. Efeitos da rotação de cultura, adubação verde e adubo nitrogenado sobre a produção e qualidade das sementes em dois cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), Campeão 2 e Pérola em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO DA UNESP, 12., 2000, São José do Rio Preto. **Resumos...** São Paulo: UNESP, 2000. p.203.
- RUBIN, R.B.; CARLESSO, R.; SPOHR, R.B.; MELO, G.L.; CARDOSO, C.D.V. Crescimento de plantas de feijão irrigado cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 2002. CD-ROM.
- RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M.T.B. da (Coord.). **A soja em rotação de culturas no plantio direto.** Cruz Alta: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998. p.1-34.
- SANTOS, R.L.L. dos; CORRÊA, J.B.D.; ANDRADE, M.J.B. de. Produtividade de cultivares de feijão no plantio direto em diferentes coberturas do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.626-628.
- SEQUINATTO, L.; SILVA, V.R. da; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; STRECK, C.A.; KAISER, D.R. Sistemas de preparo do solo, resistência mecânica à penetração, disponibilidade hídrica e rendimento do feijoeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 2002. CD-ROM.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.7, n.1, p.103-106, jan./abr. 1983.
- SILVA, C.S.W.; FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C. M. de; FAGUNDES, J.L.; SILVA, A.A. da; SEDIYAMA, C.S. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002a. p.564-565.
- SILVA, M.G. da; ARF, O.; SÁ, M.E. de; BUZETTI, S.; SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B. da. Manejo do solo e adubação nitrogenada em cobertura em feijoeiro de inverno. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002b. p.612-614.
- SILVEIRA, P.M. da. **Preparo do solo e rotação de culturas para o feijoeiro irrigado.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 2p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 50).
- _____; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro:** uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 46p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 27).
- SOUZA, B.A. de; FALLEIRO, R. de M.; SOUZA, C.M. de; SILVA, A.A. da; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, C.S.W. Influências dos sistemas de preparo do solo na comunidade de plantas daninhas da cultura do feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: UFV, 2002. p.455-457.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.34, n.1, p. 83-91, jan. 1999.
- SUZUKI, L.E.A.S.; ALVES, M.C. Influência de plantas de cobertura, preparo do solo e sucessão de culturas no rendimento de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em um latossolo vermelho de cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFMT, 2002. CD-ROM.
- URCHEI, M.A. **Efeitos de plantio direto e do preparo convencional sobre alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso e no crescimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob irrigação.** 1996. 150f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu.
- VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L. **Atualização em plantio direto.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.163-179.