



Milho Cultivo do Milho

## **Dados Sistema de Produção**

Sumário

Manejo de solos

### Embrapa Milho e Sorgo

Sistema de Produção, 1 ISSN 1679-012X 1

Versão Eletrônica 9ª edição | Nov/2015



### Cultivo do Milho

## Manejo de solos

O manejo adequado do solo é essencial para a obtenção da produtividade de grãos que permita, ao mesmo tempo, um rendimento econômico satisfatório e a manutenção do potencial produtivo do solo. As operações de manejo de solos visam adequar o ambiente para o plantio e o estabelecimento das plantas de milho, podendo também ajudar ano controle de plantas invasoras e no controle de erosão. O uso adequado do solo permite a manutenção da atividade agrícola de forma sustentável, permitindo atender às demandas da sociedade por alimentos, preservando o ambiente e minimizando a degradação física, química e biológica e a contaminação do solo e das águas.

Neste tópico, serão discutidos aspectos relacionados ao preparo convencional do solo, envolvendo o preparo primário do solo através da aração, e o preparo secundário, realizado por meio de gradagem. Serão também abordados aspectos relacionados ao plantio direto e à rotação de culturas. Grande parte do sucesso do Sistema de Plantio Direto (SPD) reside no fato de que a palha deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que a sua qualidade seja melhorada (plantas de cobertura de solo).

Neste tópico, serão também apresentados aspectos relacionados aos equipamentos para o manejo de solo, uma vez que sua escolha e sua utilização, nos diferentes sistemas de manejo do solo, dependem das condições específicas e dos objetivos do tratamento que se quer dar ao solo. Além disso, os custos de energia dos diferentes sistemas de manejo do solo afetam sua viabilidade econômica.

## Preparo convencional do solo

O preparo convencional do solo, envolvendo aração e gradagens, ainda é utilizado na maioria das propriedades agrícolas do Brasil, com o objetivo básico de fornecer condições ótimas para a germinação, a emergência e o estabelecimento das plântulas. Além disso, o preparo convencional do solo permite também o controle mecânico da população inicial de plantas daninhas. Contudo, as operações motomecanizadas de preparo convencional constituem a principal forma de alteração de características físicas do solo, principalmente pela desestabilização da estrutura, que aumenta a erodibilidade da camada arável e pela compactação, que reduz da macroporosidade, a disponibilidade de água e ar no perfil, acarretando perda do potencial produtivo da área. Além disso, o preparo convencional provoca descontinuidade do sistema poroso, o que afeta a drenagem e aeração do perfil.

Nas condições de solos tropicais, com baixa fertilidade natural e acidez elevada, torna-se praticamente impossível estabelecer um sistema agrícola com boa produtividade inicial sem revolvimento do solo. Nesses casos, devem ser adotadas operações de preparo convencional, levando-se em conta as características da área, como o relevo, a textura e a fertilidade do solo, bem como o sistema de produção a ser estabelecido, para a escolha mais acertada de implementos e ações para obter um perfil de solo favorável ao desenvolvimento da cultura, com o mínimo de efeitos negativos às propriedades físicas do solo.

Basicamente, o preparo convencional do solo é realizado em duas etapas, que são o preparo primário e o secundário. O preparo primário consiste na operação mais grosseira, realizada com arados ou grades pesadas, que visa revolver o solo, sendo utilizada também para incorporação de corretivos, de fertilizantes, de resíduos vegetais e de plantas daninhas, ou para a descompactação superficial. Na incorporação de insumos ou de material vegetal, os equipamentos de discos são mais eficientes, pois permitem melhor mistura desses ao solo. Tem como desvantagem o potencial de causar compactação subsuperficial. O arado de aivecas é eficiente na descompactação e na incorporação de resíduos vegetais. Por outro lado, tem baixa eficiência na mistura de insumos e pode deixar o solo desprovido de cobertura morta. O arado escarificador faz a descompactação do solo ao mesmo tempo em que mantém maior taxa de cobertura morta sobre o solo; por outro lado, tem baixa eficiência no controle de plantas daninhas e na incorporação e mistura de insumos ao solo.

A segunda etapa, chamada preparo secundário, consiste na operação de destorroamento e de nivelamento da camada arada de solo, por meio de gradagens do terreno. A gradagem destorroadora deve ser realizada imediatamente depois da aração. Caso contrário, os torrões perdem umidade e este equipamento perde eficiência, sendo necessário aumentar o número de gradagens, o que não é recomendado devido à pulverização excessiva do solo (Figura 1). Sendo um dos objetivos do preparo do solo o controle de plantas daninhas, pode-se proceder à última gradagem niveladora imediatamente antes do plantio, sem esquecer que o tráfego de máquinas e implementos sobre o solo preparado contribui muito para o adensamento da camada arável (compactação), devendo-se realizar apenas as operações estritamente necessárias.

Foto: Manoel Ricardo A. Filho



Figura 1. Solo sob preparo convencional mostrando operação de gradagem de nivelamento.

Com o propósito de minimizar o impacto negativo do preparo do solo, deve-se proceder ao planejamento integrado das atividades, visando a sustentabilidade da atividade por meio da adequação de equipamentos e do calendário de trabalho, evitando-se, por exemplo, as operações em períodos com maior umidade do solo devido ao maior potencial de compactação do solo. A elaboração do planejamento conservacionista da gleba deve ser feita em função das condições locais de clima e solo, adotando-se sistemas de controle de erosão, como os terraços em nível ou com gradiente, os canais escoadouros e bacias de captação e infiltração. Conforme o tipo de solo e a declividade, os terraços poderão ser de base larga (solos profundos, bem drenados e declividade menor que 12%) ou base estreita (solos mais rasos ou de drenagem deficiente e declividade até 18%). Acima dessa declividade, os riscos de degradação do solo aumentam, não sendo recomendada aração para uso com culturas anuais.

Todas as operações mecânicas, a começar pelo preparo do solo, devem ser executadas preferencialmente em nível. Com este cuidado, cria-se uma série de pequenas depressões na superfície, que funcionam como pequenas barreiras ao escorrimento e formação da enxurrada, pelo aumento da rugosidade superficial, além de armazenarem a água até que esta se infiltre. O plantio e os cultivos realizados em nível, na sequência, aumentam a estabilidade do sistema de conservação de solo.

A utilização constante e repetida de um mesmo tipo de equipamento, como a grade pesada ou o arado de discos, trabalhando sempre numa mesma profundidade, pode provocar compactação do solo logo abaixo da camada preparada. Uma das maneiras de minimizar o risco de compactação é alternar anualmente a profundidade de preparo do solo. É importante também atentar para as condições de umidade do terreno por ocasião de seu preparo, pois é fator de grande influência na compactação. O ponto de umidade ideal é aquele em que o trator opera com o mínimo esforço, produzindo os melhores resultados na execução do serviço. Se o solo apresenta umidade acima da ideal, ocorre o aumento da dificuldade de operação e os riscos de compactação. Há maior adesão da terra nos implementos, chegando a impedir a operação, além da perda de tração (patinagem). Em solo muito seco, o destorroamento é ineficiente, exigindo maior número de passadas de grade para quebra em demasia dos torrões, com consequente prejuízo à estrutura

do solo, além de incremento do consumo de combustível e dos custo de produção. Mesmo após as operações de preparo, ao longo de todo o ciclo da cultura deve-se evitar o tráfego de máquinas pesadas em áreas com a umidade do solo acima do ponto de friabilidade, ou seja, com o solo muito úmido.

## Compactação do solo

A compactação é a redução do espaço poroso e o aumento da resistência à penetração do solo, resultante de ações mecânicas sobre a superfície. Assim, a compactação decorre do uso de máquinas e equipamentos, devido ao peso total do equipamento ser distribuído em uma área muito pequena, nos gomos dos pneus ou nas extremidades dos discos e lâminas dos implementos, especialmente aqueles de preparo do solo para o cultivo, como tratores, arados, grades aradoras/niveladoras e subsoladores. Soma-se a esses o tráfego de máquinas e implementos nas aplicações de corretivos, fertilizantes e defensivos, no plantio e na colheita, além de possuir caráter cumulativo no solo, ou seja, o dano causado num determinado momento e a soma aos subsequentes, agravando o problema.

Na camada compactada, as características físicas do solo são modificadas em relação ao solo original. Durante o processo de compactação, após uma pressão no solo exercida pelas rodas dos tratores e por máquinas agrícolas, ocorre a quebra de agregados, a compressão da matriz argilosa e a redução do volume total, com o colapso dos macroporos. Decorre desse processo o aumento da densidade do solo, ocorrendo simultaneamente a redução da porosidade, especialmente a continuidade dos poros grandes, com a diminuição da troca gasosa (oxigênio e CO2); a limitação do movimento de nutrientes, a diminuição da taxa de infiltração de água no solo e o aumento da erosão. Nessa condição, a resistência do solo à penetração também é aumentada, elevando o requerimento de potência para o preparo do solo. Podem também ocorrer condições menos favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, que sofre uma série de modificações, tanto de ordem morfológica quanto fisiológica, alterando o seu padrão de crescimento, com tendência de distribuição mais horizontal e superficial, afetando o desenvolvimento da planta, que apresenta menor crescimento.

A identificação da camada compactada pode ser feita no campo, por meio de observações práticas, ou utilizando-se método apropriado, como a determinação da densidade do solo, que é o de maior precisão e largamente utilizado, uma vez que busca avaliar a proporção do espaço poroso em relação ao volume de solo. Apesar de muitas limitações, a resistência à penetração é frequentemente usada para indicação comparativa de graus de compactação, por causa da facilidade e rapidez para se realizar um grande número de medidas. Entretanto, quando forem feitas comparações dessas determinações, a textura e o teor de umidade deverão ser os mesmos, pois essas medidas são afetadas por esses atributos do solo. A presença da compactação pode ser notada também através de observações dos sintomas visuais que provoca em plantas e no solo:

- a. **compactação superficial do solo -** causada principalmente pelo tráfego, está associada ao volume de macroporos destruídos, sendo proporcional ao volume de espaço criado pelo rebaixamento da superfície do solo em relação à sua posição original. A compactação superficial tem crescido como problema em áreas de plantio direto, formando um impedimento físico abaixo dos sulcos de plantio (5 cm de profundidade), que resulta em menor área de solo a ser explorada pelo sistema radicular, comparando-se com a compactação subsuperficial no plantio convencional;
- b. compactação em subsuperfície resultante principalmente das operações de preparo de solo, aparecendo geralmente entre 10 cm e 20 cm de profundidade, perceptível na forma de camada endurecida e também na forma de "espelhamento" no solo após a passagem do implemento (pé-de-grade);
- c. **água empoçada -** em solos que originalmente não apresentavam esse problema, não havendo possibilidade de escorrimento do excesso de água, esta permanece sobre a superfície, formando depressões ou mini vossorocas apresentadas pelo terreno em cultivo (Figura 2);
- d. **erosão hídrica** (Figura 3) é caracterizada pelo movimento sobre a superfície do terreno do excesso de água não infiltrada e pela deposição nas áreas mais baixas, com carreamento de massa do solo dependente da competência erosiva do escorrimento superficial. Manifesta-se nas suas

diferentes formas, desde laminar, em que se percebe a remoção mais homogênea, em toda a superfície, de pequena camada do solo, até as suas formas mais severas, em sulcos, podendo evoluir para voçorocas;

- e. **aumento de requerimento de potência para o preparo do solo -** a camada compactada oferece maior resistência também aos implementos de preparo de solo, de tal maneira que é necessário usar maior potência para executar uma atividade, que anteriormente exigia menor requerimento de potência;
- f. **sistema radicular superficial e mal formado -** a camada compactada exerce resistência à penetração das raízes, muitas vezes maior do que a pressão de crescimento das raízes. Quando isso ocorre, há alteração no seu padrão de crescimento, na morfologia das raízes, que se tornam mais grossas e tortuosas, e na disposição do sistema radicular, reduzindo a eficiência em extrair água e nutrientes do solo. As raízes crescem mais no sentido horizontal, acima dessa camada, explorando um volume menor de solo.
- g. **demora na emergência das plântulas -** ocorre retardamento do processo de germinação da semente e emergência das plântulas, em razão da maior dificuldade para a infiltração da água e para as trocas gasosas;
- h. **padrão irregular de crescimento das plantas -** observa-se um crescimento irregular de plantas, geralmente de porte mais baixo que o normal, associado ao menor acesso a água e nutrientes pelo sistema radicular. A cultura do milho, por exemplo, apresenta aumento no porte da planta exponencialmente proporcional à porosidade de aeração (macroporos) e inversamente proporcional à resistência do solo à penetração;
- i. **folhas com coloração não característica –** ocorre em razão principalmente de deficiência nutricional, resultante de problemas relacionados à absorção de nutrientes em decorrência da má conformação das raízes e do menor volume de solo explorado, devido à compactação. Pode também ser resultante do encharcamento do perfil do solo acima da camada compactada, que restringe a aeração do sistema radicular.

Uma vez identificada a presença de camada compactada e constatado que essa está causando problemas ao desenvolvimento das plantas e degradação do solo, o próximo passo é a sua eliminação. A técnica a ser adotada e sua eficiência vão depender do tipo de solo, da profundidade em que a ela se encontra e do grau de problema que ela esteja causando. Em situações em que ela ainda não é muito intensa, é possível contornar o problema modificando o sistema de manejo de solo e utilizando-se da rotação de culturas, incluindo plantas de sistema radicular mais vigoroso e fasciculado, capazes de penetrar em solos que ofereçam maior resistência. O sistema radicular dessas plantas irá deixar canalículos por onde penetrarão água e raízes de outras espécies mais susceptíveis à compactação. Quando necessário realizar o rompimento da camada compactada com implemento, deve-se empregar aquele que alcance a profundidade imediatamente abaixo da zona compactada e isto será feito da seguinte forma: se até a profundidade de 35 cm, ela pode ser rompida com o arado de aivecas ou o arado escarificador; se em profundidades maiores, com o subsolador. Contudo, a subsolagem é uma das operações de maior consumo energético, devendo ser utilizada só quando estritamente necessária e nas condições ideais de umidade. Quando for usado o escarificador ou subsolador, para o rompimento da camada compactada, deve-se levar em consideração que o espaçamento entre as hastes determina o grau de rompimento da camada compactada pelo implemento. O espaçamento entre as hastes deverá ser de 1,2 a 1,3 vezes a profundidade de trabalho pretendida. A umidade do solo também deverá ser baixa o suficiente para permitir a quebra da camada compactada. É importante salientar que os equipamentos de discos são ineficientes nessa operação.

Uma vez rompida essa camada, deve ser traçado um plano de manejo desse solo que previna o aparecimento futuro de nova camada compactada, já que o simples rompimento de camadas compactadas não impede a reconsolidação do solo, pelo fato de a estrutura continuar desestabilizada. Assim, as estratégias para recuperação devem incluir a mudança do sistema de manejo, o redimensionamento de máquinas e o uso da rotação de culturas. Para isso, deve-se lançar mão das técnicas de manejo e conservação do solo que sejam factíveis com a realidade na qual se trabalha.

Foto: Ramon Costa Alvarenga



Fiura 2. Processo erosivo inicial em lavoura de milho, com o sistema radicular sendo exposto.

Foto: Manoel Ricardo de Albuquerque Filho



Figura 3 . Erosão hídrica em lavoura de milho mostrando solo em movimentação.

# Sistema plantio direto

O sistema de plantio direto é uma tecnologia conservacionista, utilizada desde a década de 1970 no Brasil, já bastante difundida entre os agricultores, dispondo-se atualmente de sistemas adaptados a diferentes regiões e aos diferentes níveis tecnológicos (Figura 4).

Foto: Ramon Costa Alvarenga



Figura 4. Sistema de plantio direto de milho.

Esse sistema de produção requer cuidado na sua implantação mas, depois de estabelecido, seus benefícios se estendem não apenas ao solo, mas, também, ao rendimento das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários. Devido à drástica redução da erosão, o Plantio direto reduz o potencial de contaminação do meio ambiente por sedimentos, e dá ao agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada, em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo. Por seus efeitos benéficos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pode-se afirmar que o Sistema Plantio Direto (SPD) é uma ferramenta essencial para se alcançar a sustentabilidade dos sistemas agropecuários.

### Fundamentos do sistema plantio direto

O plantio direto é uma técnica de cultivo conservacionista em que o plantio é efetuado sem as etapas do preparo convencional da aração e da gradagem. Nessa técnica, é necessário manter-se o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Essa cobertura tem por finalidade proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, do escorrimento superficial e das erosões hídrica e eólica. O plantio direto pode ser considerado como uma modalidade do cultivo mínimo, visto que o preparo do solo limita-se ao sulco de semeadura, procedendo-se à semeadura, à adubação e, eventualmente, à aplicação de herbicidas em uma única operação.

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 entendido como um sistema com os seguintes fundamentos:

- Eliminação/redução das operações de preparo do solo.
- Uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas.
- Formação e manutenção da cobertura morta. Os dados da Tabela 1 exemplificam o efeito de restos culturais no escorrimento superficial, infiltração e perdas de solo.

**Tabela 1.** Efeito de diferentes níveis de resíduos culturais no escorrimento superficial, infiltração e perda de solo, em declividade de 5%.

02/09/2022 12:24	Cultivo do Milho		
	Escorrimento (%)	Infiltração (%)	Perda de solo (t/ha)
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: Adaptado de Ramos (1976) citado por Ruedell (1998).

- Rotação de culturas.
- Uso de semeadoras específicas.

As vantagens ou desvantagens do plantio direto dependem de uma série de fatores e características do solo e do clima da região onde esse sistema é ou será utilizado, e é fundamental que, em cada região, o sistema seja adaptado seguindo suas vocações naturais, de forma que o sistema seja o mais eficiente possível. Além disso, verifica-se que, à medida que o agricultor se torna mais familiarizado com o sistema, novas vantagens são adicionadas e novas alternativas para resolver problemas vão surgindo.

## Requisitos para a implantação do plantio direto

Para o sucesso do SPD, são necessários os seguintes requisitos:

### 1. Qualificação do agricultor

Por se tratar de um sistema complexo, é exigido que o agricultor tenha um conhecimento mais amplo e domínio de todas as fases do sistema, envolvendo o manejo de mais de uma cultura, e muitas vezes, uma 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, à medida que o sistema vai sendo implantado.

#### 2. Gerenciamento e treinamento de mão-de-obra

Pelas razões expostas no item anterior, verifica-se a necessidade de maior treinamento da mão-de-obra. Esta é especialmente importante com relação às pessoas que irão operar as principais máquinas do sistema (semeadoras, pulverizadoras e colhedoras) e realizar os tratos culturais.

### 3. Boa drenagem de solos úmidos com lençol freático elevado

Este requisito é necessário para que esses solos sejam aptos ao sistema, pois o plantio direto já promove um aumento da água no solo (em consequência do menor escorrimento superficial, da maior infiltração e da menor evaporação) o que pode agravar o problema de excesso de umidade em solos com drenagem deficiente.

#### 4. 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 aradoras, causa uma série de problemas que podem reduzir a produtividade. Como no plantio direto não há o revolvimento do solo, a eliminação dessas camadas compactadas deve ser realizada antes da implantação do sistema.

#### 5. Nivelamento da superfície do terreno

Solos cheios de sulcos ou valetas devem ser nivelados previamente, tornando a superfície do terreno o mais homogênea possível. Esse problema também é comum em áreas de pastagens degradadas. Existem no mercado plantadoras/semeadoras com sistema de plantio que permite acompanhar o microrrelevo do solo; entretanto, o ideal é o preparo prévio da área.

#### 6. Correção da acidez do solo antes de iniciar o plantio direto

Como no sistema plantio direto o solo não é revolvido, é muito importante corrigi-lo tanto na camada superficial como na subsuperfície. Para isto, ele deverá ser amostrado de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e, se necessário efetuar a calagem, incorporando o calcário o mais profundamente possível; se for necessário, deve-se proceder à aplicação de gesso para correção da camada subsuperficial. No sul do país, a aplicação de calcário sobre a superfície e sem incorporação ao solo tem sido efetiva, trazendo vantagens econômicas, devido ao menor custo da aplicação, pois não há incorporação por meio da aração e gradagens e, de conservação do solo, pois, sem o revolvimento, mantém-se a estrutura física do solo, o que é fundamental no controle da erosão, principalmente em solos de textura média e arenosa. Mas essa técnica deve ainda ser validada nas demais situações do país.

#### 7. Nivelamento da fertilidade na faixa de média a alta

As correções dos teores de fósforo e potássio são necessárias antes de iniciar o Sistema Plantio Direto. O agricultor deve ter como meta manter os níveis de fertilidade na faixa alta e estabelecer um programa de adubação de reposição, levando em consideração o sistema de produção como um todo, e as menores perdas de nutrientes resultantes da menor erosão.

#### 8. Cobertura de solo

Os restos culturais devem cobrir, pelo menos, 80% da superfície do solo, ou manter 6 t/ha de matéria seca para cobertura do solo. Este é um dos requisitos mais importantes para o sucesso do plantio direto, por afetar praticamente todas as modificações que o sistema promove, e o mais variável entre diferentes regiões, pois as opções de explorações agrícolas e de cobertura do solo dependem das condições climáticas, bem como a disponibilidade de informações relativas a espécies alternativas e épocas de semeadura em cada local.

### 9. Nenhuma queima de restos culturais

Jamais pensar em queimar os restos culturais. Este requisito é obvio, mas pode ser um problema com a cultura do algodão, para a qual, por razões fitossanitárias, é recomendada a queima de restos culturais.

#### 10. Uso do picador e do distribuidor de palhas nas colhedoras

O objetivo dessa prática é promover melhor distribuição dos restos culturais na superfície do solo, facilitando o plantio e protegendo mais uniformemente o solo.

#### 11. Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas deverão ser identificadas e receber um controle específico, antes de iniciar o sistema de plantio direto.

#### 12. Eliminação de plantas daninhas perenes

Essas plantas daninhas são de difícil controle, e podem tender a aumentar sua infestação com o uso do plantio direto, daí a importância de sua erradicação antes de se iniciar o SPD.

#### 13. Não haver alta infestação de plantas daninhas muito agressivas

Essas plantas daninhas, além de difícil controle, onerarão o custo de produção. Como, no plantio direto, as plantas daninhas serão controladas quimicamente, e sendo esse controle responsável por um alto percentual do custo de produção total, toda ação que reduzir ou facilitar o controle de plantas daninhas antes da instalação do sistema plantio direto deverá ser adotada. Na medida em que se consegue a formação de uma camada mais efetiva de palha na superfície do solo, associada a um programa adequado de rotação de culturas, o controle de plantas daninhas será facilitado e seu custo diminuirá.

O sucesso ou insucesso da implantação do plantio direto depende, além desses requisitos básicos, da capacidade gerencial do produtor e de sua experiência no manejo de diferentes culturas que farão parte dos sistemas de rotação e ou sucessão de culturas.

## Funções da palhada no plantio direto

A palhada representa um ponto fundamental do plantio direto e desempenha as seguintes funções:

- 1. Reduz o impacto das gotas de chuva, protegendo o solo contra a desagregação de partículas e compactação.
- 2. Dificulta o escorrimento superficial, aumentando o tempo e a capacidade de infiltração da água da chuva. Como consequência, há uma significativa redução nas perdas de solo e água pela erosão.
- 3. Protege a superfície do solo da ação direta dos raios solares, reduzindo a temperatura e a evaporação, mantendo, consequentemente, maior quantidade de água no solo.
- 4. Reduz a amplitude hídrica e térmica, favorecendo a atividade biológica.
- 5. Aumenta o teor de matéria orgânica no perfil do solo, aumentando a disponibilidade de água para as plantas, a CTC do solo e melhora suas características físicas.
- 6. Ajuda no controle de plantas daninhas, por supressão ou por ação alelopática.

## Rotação de culturas

Na implantação e condução do sistema de plantio direto 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 4,0 t/ha de fitomassa seca. Como segurança, indica-se que devem ser adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6,0 t/ha/ano ou mais de fitomassa seca. Neste caso, a soja contribui com muito pouco, raramente ultrapassando 2,5 t/ha de fitomassa seca. Por outro lado, gramíneas como o milho, de ampla adaptação a diferentes condições, têm ainda a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais que, uma vez bem manejados, proporcionam vantagens adicionais aos sistemas, conforme já mencionado.

Na conversão para o sistema plantio direto, é importante priorizar a cobertura do solo, principalmente se as áreas apresentarem um certo grau de degradação da matéria orgânica. Para isto, 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 e de elevada relação C/N, garantindo a manutenção da cobertura do solo, dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície. O cultivo do milho com espaçamento mais estreito entre as linhas e ou consorciado com leguminosas como o feijão-bravo proporciona a formação de elevada quantidade de fitomassa, além de bons rendimentos de grãos. Também as braquiárias apresentam essas condições (quando bem conduzidas proporcionam elevado índice de cobertura do solo e fitomassa seca e excelente e vigoroso sistema radicular) e representam uma excelente alternativa em áreas de integração lavoura-pecuária.

Especial atenção deve ser dada à soja e ao milho, culturas mais usadas no plantio direto, e que apresentam grandes vantagens quando plantadas em rotação (ou seja, uma em substituição à outra na safra seguinte de verão), inclusive com aumentos significativos nos rendimentos de ambas as culturas.

No sul do Brasil, pelas condições climáticas mais favoráveis, há maiores opções de rotação de culturas, envolvendo tanto as culturas de verão como as de inverno. No Brasil Central, as condições climáticas, com quase total ausência de chuvas entre os meses de maio e agosto, dificultam os cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com microclima adequado ou com agricultura irrigada. Essa situação dificulta ou deixa poucas opções para o estabelecimento de culturas comerciais ou mesmo culturas de cobertura, isto é, culturas cuja finalidade principal é cobrir o solo e aumentar o aporte de restos culturais sobre a sua superfície, exigindo que estas tenham características peculiares, como um rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

No Brasil Central, a implantação do sistema plantio direto tem sido facilitada em áreas onde é possível o desenvolvimento de safrinha. A safrinha só é possível onde o período chuvoso se prolonga um pouco mais. Dentre as principais culturas de safrinha, destacam-se o milho, o sorgo, o milheto e o girassol. Em algumas regiões, como o Sul de Minas Gerais, o plantio da soja não é comum, o que restringe as alternativas de rotação de culturas e dificulta a implantação do plantio direto. Além disso, nessa região, a interação agricultura-pecuária é muito forte, sendo comum a produção de milho para a produção de silagem, onde a parte aérea da planta é retirada do terreno, reduzindo o aporte de resíduos vegetais ao solo. Porém, a experiência de vários agricultores da região tem demonstrado ser possível o plantio do milho sobre palhada de braquiárias (Figura 5). Nesse caso, quando a cobertura inicial não é ainda adequada, é comum o plantio do milho consorciado com a braquiária. A semente da forrageira geralmente é colocada junto ao adubo da plantadora de milho e semeada a uma profundidade (6 a 8 cm) maior do que a do milho. Em algumas situações, a braquiária é também semeada nas entrelinhas do milho. Alguns agricultores já usam, após o milho para silagem, o plantio de outra safra do próprio milho (tecnicamente não recomendado), aveia, sorgo forrageiro ou de corte e pastejo ou milheto. Essas alternativas, embora sejam viáveis, não podem se repetir seguidamente, necessitam de alguma outra opção (como uma leguminosa - mucunas, crotalárias ou feijões) para quebrar esse ciclo de plantio de gramíneas.

Foto: Ramon Costa Alvarenga



Figura 5. Sistema de plantio direto de milho em palhada de Braquiária.

## Desenvolvimento de plantas e produtividade

Uma vez que o plantio direto altera as condições químicas, físicas e biológicas do solo, elas também afetarão o desenvolvimento das plantas e a produtividade. Observa-se maior concentração das raízes das plantas de milho na camada superior do solo em plantio direto, comparado ao convencional. Porém, quanto maior o tempo de adoção do SPD, ou seja, com rotação de culturas, melhor será a distribuição do sistema radicular em profundidade, caracterizando um melhor aproveitamento do volume de solo explorado, levando sempre em consideração o tipo de solo, as condições climáticas de cada local e o nível de fertilidade de cada área avaliada. Embora seja nítida a modificação no sistema radicular, nem sempre existe uma relação direta entre o número de raízes e o rendimento da cultura.

Em algumas situações, há uma maior dificuldade no estabelecimento da densidade de plantio desejada, especialmente em condições de alta quantidade de resíduos e em solo mais úmido ou mal drenado. Também uma distribuição irregular de resíduos na superfície do terreno e desuniformidades do microrrelevo podem contribuir para reduzir a densidade de plantio, provocar uma emergência desuniforme e diminuir o crescimento inicial e atrasar a maturidade. Para compensar esses problemas, recomenda-se que as cultivares para o plantio direto apresentem um melhor enraizamento, melhor vigor inicial e rapidez de desenvolvimento. Melhor ainda é regular cuidadosamente a semeadora e promover a semeadura a velocidades menores ou em torno de 4 km/h.

As diferenças nas 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 plantio direto a partir dos anos 90 demonstra a competitividade desse sistema, em

que a cultura do milho, juntamente com a da soja, ocupa posição de destaque. Obviamente, a maior eficiência do plantio direto, refletido em termos de produtividade, vai depender da eficiência de sua implantação e das condições edafoclimáticas da região.

### Plantio direto do milho safrinha

A implantação do milho safrinha no final do período chuvoso deixa o agricultor na expectativa de ocorrência de déficit hídrico a partir desse período. Assim, toda estratégia de manejo do solo deve levar em consideração propiciar maior quantidade de água disponível para as plantas. Nesse caso, sempre que possível, deve-se optar pelo sistema de plantio direto, pois oferece maior rapidez nas operações, principalmente no plantio realizado imediatamente após a colheita, permitindo o plantio o mais cedo possível. Além disso, um sistema de plantio direto, com adequada cobertura da superfície do solo, permitirá o aumento da infiltração da água no solo e a redução da evaporação, com consequente aumento no teor de água disponível para as plantas. Em algumas áreas de plantio direto, já se constatou aumento do teor de matéria orgânica do solo, afetando a curva de retenção de umidade e aumentando ainda mais a água disponível para as plantas.

### Plantas de cobertura de solo

Atualmente, os sistemas de produção têm como fundamento, além da produção de alimentos, a manutenção de adequada quantidade de palhada para cobertura do solo. Grande parte do sucesso do sistema de plantio direto (SPD) reside no fato de que a palha deixada por culturas de cobertura sobre a superfície do solo, somada aos resíduos das culturas comerciais, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal, contribuindo para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, de tal modo que a sua qualidade seja mantida ou melhorada.

Assim, haverá um SPD mais estabilizado na medida em que o sistema de produção privilegiar a rotação, sucessão e consorciação como ferramentas para a manutenção da camada de palha sobre o solo ao longo do tempo e, assim, conseguir todos os benefícios dessa prática implementando o sistema de plantio direto na palha (SPDP).

A quantidade e a qualidade da palha sobre a superfície do solo dependem do sistema de produção adotado e, por vezes, do tipo de planta de cobertura e do manejo que lhe é dado. Primeiramente, deve-se selecionar aquelas espécies com maior potencial de crescimento e de absorção de nutrientes para as condições locais, tomando-se por base a rapidez com que se estabelecem e as suas produções de fitomassa. Quanto mais rápido o estabelecimento, maiores os benefícios físicos advindos da cobertura na proteção do solo e na supressão de plantas daninhas. A maior produção de fitomassa indica maior oferta de palha sobre o solo, podendo, ainda, dar uma ideia sobre a reciclagem de nutrientes, desde que se conheça o padrão de extração de nutrientes pela espécie selecionada. De qualquer maneira, quando essas plantas são cultivadas consorciadas ou em sucessão a cultura principal, o seu desenvolvimento deve ser monitorado até pouco antes da cultura começar a produzir sementes viáveis. Neste ponto deve ser realizado o manejo destas plantas por um método químico (herbicidas dessecantes) ou físico, neste caso, tomando-se o cuidado de não picar demasiadamente os resíduos, o que acelera a sua decomposição. Também é desejável que sejam distribuídos o mais uniformemente possível sobre o solo.

Na escolha da planta de cobertura, deve ser levada em consideração, também, a disponibilidade de sementes, as condições do solo, a sua rusticidade, especialmente quanto à tolerância ao déficit hídrico, e a possibilidade de utilização comercial. Outro ponto de importância a ser observado é conhecer o potencial de serem hospedeiras de pragas e doenças. Assim, é possível alterná-las de tal modo que a cultura subsequente não sofra prejuízos, pelo contrário, se beneficie das características favoráveis da cultura anterior.

Essas plantas devem possibilitar, ainda, um fácil manejo com a camada de palha formada, oferecendo pequena resistência aos componentes de corte das semeadoras, de tal modo que o plantio subsequente possa ser realizado sem dificuldades operacionais.

A quantidade de palha sobre o solo e a uniformidade da sua distribuição pode servir de referência para uma avaliação preliminar sobre as condições nas quais o SPDP está se desenvolvendo. É desejável que mais de 50% da superfície do solo esteja coberta com resíduos. Igualmente importante é a distribuição, a mais uniforme possível, dos resíduos sobre o solo. Dessa forma, maximizam-se os benefícios da cobertura do solo para o SPDP. Por outro lado, a taxa de decomposição dos resíduos vegetais modifica a cobertura do solo ao longo do tempo, sendo importante o cultivo de plantas especializadas na produção de fitomassa, para incrementar a cobertura deixada pelas culturas produtoras de grãos.

Na região Sul, devido às condições climáticas, com inverno mais frio e melhor distribuição de chuva, é possível manter, com maior facilidade, uma cobertura adequada do solo com palha durante todo o ano. Esta é a principal característica que a diferencia da região dos Cerrados, onde em grande parte o inverno seco inviabiliza a produção das culturas em condições de sequeiro. Desse modo, o estabelecimento de uma cobertura do solo com plantas semeadas para essa finalidade, em março ou abril, ou o seu cultivo consorciado constitui o maior desafio para o SPDP na região dos Cerrados. Soma-se a isto o fato de que as condições climáticas da primavera-verão condicionam uma alta taxa de decomposição desse material, de tal sorte que a cobertura do solo é reduzida rapidamente, devendo haver um aporte constante desse material ao solo. Em razão disso, o sistema de rotação e de consorciação de culturas é de fundamental importância como mecanismo para aumentar a taxa de cobertura do solo. O sistema de rotação mais usado é soja-milho, em que a soja fornece menor quantidade de resíduos de rápida decomposição, ao passo que os restos culturais do milho são em maior quantidade e de maior persistência como cobertura (Figura 6). Dessa forma, plantas de cobertura devem ser introduzidas no sistema, com o objetivo de aumentar a oferta de palha sobre a superfície. O modelo ideal de planta de cobertura para essa condição seria aquele que apresentasse alta produção de fitomassa com alta taxa de absorção de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, alta tolerância ao déficit hídrico, às pragas e doenças e ao consórcio, com efeito alelopático sobre as plantas daninhas, de fácil estabelecimento e controle, baixa taxa de decomposição e, ainda, alto valor agregado. Impossível reunir todas essas qualidades em apenas uma espécie, o que leva ao raciocínio lógico da necessidade de ser usada mais de uma espécie, sendo que uma irá procurar suprir a deficiência de outra em algum quesito, além de incrementar a diversificação da rotação e da sucess

Foto: Ramon Costa Alvarenga



Figura 6. Restos culturais de milho.

Exceto na região Sul, onde é possível o cultivo de culturas de verão e de inverno, nas demais regiões, na busca de maior cobertura de solo, algumas alternativas se sobressaem como estratégias para o cultivo dessas culturas, visando, ainda, um menor grau de interferência sobre o rendimento da cultura principal. Dentre essas alternativas, sobressaem-se: 1) cultivo antecipado da cultura de cobertura, conhecido regionalmente como plantio no pó, plantio no cedo ou plantio na poeira, usado principalmente naquelas regiões onde o período chuvoso se inicia mais cedo. Com a modernização dos sistemas de produção, esta alternativa está caindo em desuso. Ainda assim, nesse sistema busca-se antecipar o plantio da cultura de cobertura às primeiras chuvas, objetivando o estabelecimento delas. O plantio pode se dar em linha ou a lanço, com acréscimo de 30% na quantidade de sementes. A fitomassa produzida é dessecada na época mais adequada, de tal modo que o plantio da cultura principal não seja prejudicado, havendo a possibilidade de se retardar esse plantio com vistas à maior produção de fitomassa da cultura de cobertura. Geralmente, para a cultura principal, é dada preferência a cultivares de ciclo tardio, para que se mantenham por mais tempo as culturas estabelecidas, promovendo a cobertura do solo, e que entrariam somente mais tarde num processo de decomposição, após a colheita, quando as condições de mineralização são menos favoráveis. 2) cultivo em sucessão à cultura principal. É importante que a cultura principal seja instalada o mais cedo possível e que esta seja de ciclo precoce, para que o plantio, na sucessão, das plantas de cobertura, seja feito quando ainda houver possibilidade de eventos de chuya, de tal modo que elas se estabelecam. Outro fator importante a ser considerado é a escolha da espécie, devendo ser dada preferência àquelas de maior tolerância ao déficit hídrico. Nesse particular, destacam-se o milheto, o sorgo e as braquiárias, dentre as gramíneas, e o quandu, dentre as leguminosas. Há uma expectativa de que essas plantas possam ser utilizadas como forrageira ou na produção de sementes, como forma de reduzir os custos de produção, sendo os seus resíduos destinados à formação de palha. Essa prática, entretanto, deve ser implementada como regra quando já houver uma camada de palha sobre o solo, pois, caso

contrário, corre-se o risco de a quantidade de palha não ser suficiente para proporcionar as condições mínimas para um adequado desenvolvimento do sistema. 3) Sobressemeadura, cuja adoção tem aumentado, especialmente com a cultura da soja, e mostra-se como uma possibilidade para se tentar aumentar o aporte de palha ao solo. Ela consiste no lançamento das sementes ao solo, quando ainda existe outra cultura estabelecida na área. Esta prática tem sido feita na cultura da soja, a partir do estádio reprodutivo, e na cultura do milho, no enchimento dos grãos, usando o milheto e principalmente as braquiárias, embora existam outras espécies que se prestam a essa prática. Com isto, busca-se a germinação e o estabelecimento das plantas no período de maturação e pós-colheita da soja ou do milho, quando ainda há umidade no solo. O consumo de sementes nessa modalidade é aproximadamente o dobro daquele utilizado no semeio em linha. 4) Cultivo de safrinha ou segunda safra naquelas regiões onde as chuvas se estendem por um maior período, havendo condições para que seja cultivada uma segunda cultura, visando principalmente a produção de grãos. Nesse sistema, além da produção comercial, haverá oferta de quantidade apreciável de palha, que em muito incrementará a palhada total sobre a superfície do solo. Existem muitas opções de espécies para o cultivo na safrinha, de tal modo que a escolha da espécie e da cultivar deve recair sobre aquela que apresentar maior vantagem comparativa, levando-se em consideração o destino da produção e as condições ambientais para a sua produção.

Existem variações aos modelos apresentados acima, como forma de adaptação a uma situação em especial, entretanto, cabe destacar o plantio direto com pousio de inverno ou plantio direto no mato como sendo aquele que deve ser evitado a todo custo, pois é de baixa qualidade tanto como sistema de manejo quanto ao aporte de palha no solo. Nele, após a colheita da cultura de verão, o solo permanece em pousio até o próximo verão. Nessa situação, há o crescimento de plantas daninhas, que, dessecadas no início da próxima estação de plantio, proporcionam uma determinada cobertura morta sobre o solo. Essa cobertura é extremamente variável em quantidade e qualidade, pois depende do tipo de plantas daninhas que infestam a área e de sua distribuição. Geralmente exigem operações adicionais, o consumo de herbicidas aumenta e a qualidade da palha é baixa, além de dar origem a uma palhada desuniforme.

Em grandes áreas do Brasil Central, está sendo considerada, nos últimos anos, a necessidade de estabelecer um melhor aproveitamento da época das águas. O produtor que aposta em safras mais produtivas opta por cultivos normais de milho e soja, limitando as suas possibilidades de semeadura de culturas de inverno pela drástica diminuição da água de chuva. Aquele que opta por cultivos precoces está colhendo até o final de março, dificultando de igual forma o sucesso da cultura em sucessão, visando a formação de palhada e uma remota probabilidade de produção de grãos. Esse quadro aponta para a sobressemeadura, seja via aviação agrícola ou trâmpulo alto, como prática que viabilize a formação de palhada, conservando o recurso natural (solo) e agregando renda ao produtor. Outra possibilidade bastante viável para a manutenção do SPDP é a rotação lavoura-pecuária, em que as pastagens, especialmente as braquiárias, têm-se mostrado bastante eficientes na manutenção da palhada (Figura 7), e a produção de grãos com seu aporte anual de fertilizantes e corretivos mantém as altas produtividades das pastagens que, depois de utilizadas em pastejos, são dessecadas, proporcionando excelente palhada para o SPDP da nova lavoura.

Foto: Ramon Costa Alvarenga



Figura 7. Plantio direto de milho sobre pastagem dessecada.

A quantidade de palha sobre o solo é regulada por dois fatores principais: relação C:N do material vegetal da palhada e o manejo que lhe é dado. Com respeito ao primeiro fator, a relação C:N é inerente à espécie e reflete a velocidade com que a decomposição do material pode se processar. Quanto a essa característica, as plantas podem ser agrupadas em duas classes, uma de decomposição rápida (exemplo: leguminosas) e a outra de decomposição lenta (exemplo: gramíneas), sendo bem aceito um valor de relação C:N próximo a 25 como de referência na separação entre elas. As leguminosas, por imobilizarem nos seus tecidos o nitrogênio da fixação biológica feita pelo rizóbio associado, possuem relação C:N próximo a 20 e taxa de decomposição rápida, ao passo que as gramíneas são de decomposição mais lenta, pois o conteúdo de N na fitomassa é menor. Embora isso seja verdadeiro, tem-se observado que, para as condições da região dos Cerrados, mesmo quando a palha é basicamente de gramíneas, há uma decomposição acelerada do material, de tal forma que manter uma camada de cobertura de solo nessas condições torna-se uma atividade complexa e vai exigir conhecimento e experiência por parte daquele que pratica o SPDP. O milheto é um exemplo clássico, uma vez que apresenta relação C:N de 30 ou maior, estando na fase de emborrachamento/florescimento, mas nos Cerrados sua decomposição tem sido relativamente rápida, quando manejado nessa época, dificultando o acúmulo de palha.

O manejo das plantas de cobertura é outro fator que pode regular a permanência da palha na superfície do solo. Sabe-se que a relação C:N torna-se mais larga na medida que a planta se desenvolve. Em razão dessa característica, o manejo das plantas de cobertura pode ser retardado ao máximo, visando dotar-lhes de maior resistência à decomposição. Entretanto, não se pode perder de vista que a produção de sementes viáveis poderá infestar a área e aumentar os gastos com herbicidas. Uma relação em torno de 40 parece ser satisfatória quando o objetivo é acumular palha. Caso o plantio dessas plantas se dê na primavera, antecedendo uma cultura de verão, o manejo não deverá ser retardado muito tempo, pois corre-se o risco de haver prejuízos para a cultura de verão. Nesse caso, a safra principal deve ser priorizada.

O manejo pós-dessecação ou sem dessecação das plantas também é importante, pois pode afetar a taxa de decomposição desse material. O ideal seria aguardar o tombamento natural das plantas pós-manejo, pois evitaria uma operação de trânsito na área, entretanto, raramente isso será possível, quando se possui um cronograma de atividades em sequência. Daí, a melhor opção é fazer a rolagem dessas plantas, preferencialmente que essas sejam tombadas no mesmo sentido em que será realizado o plantio, o que, além de facilitar essa operação, diminui a quantidade de palha cortada pelos mecanismos de corte da semeadora. Quando é adotado um equipamento para picar a palha, deve-se saber que a decomposição do material é uma reação de superfície de contato, portanto, quanto menor o tamanho do material picado, maior a superfície passível de ataque pelos microrganismos e,

portanto, maior a velocidade de decomposição. Em razão disso, a trituração desse material só deverá ser efetivada em último caso, quando houver uma razão muito forte e, nesse caso, o produto deve ser do maior tamanho possível. Além disso, a uniformidade de distribuição da palha é importante. Áreas com baixa cobertura facilitam a emergência de plantas espontâneas, as perdas de água por evaporação, maior variação térmica, o impacto e desagregação de partículas de solo pelas gotas de chuva e posterior obstrução de poros pelas partículas desagregadas, etc. Por outro lado, o excesso dela causa problemas operacionais no plantio e prejudica a emergência das plântulas, comprometendo o estande final da lavoura.

A palha deixada sobre a superfície do solo acumula quantidades apreciáveis de nutrientes e estes estarão temporariamente indisponíveis às plantas em desenvolvimento. O tempo de duração desse ciclo até que ele retorne ao solo depende das características das plantas que deram origem a essa palhada e ao manejo dela, conforme discutido no item anterior. Assim, é previsível um maior gasto com fertilizantes durante a fase de estabilização de uma quantidade desejada e de palha sobre o solo, pois estes estarão presos a ela e a taxa de liberação é baixa. Na fase de manutenção da cobertura, alcançase um equilíbrio no ciclo de imobilização e liberação dos nutrientes. As leguminosas, nessa fase, têm um papel importante, pois, além da maior quantidade de N acumulada, a taxa de liberação é rápida, aumentando a oferta de nutrientes às plantas. As palhas de gramíneas liberam os nutrientes a médio e longo prazo. Muitas vezes, as quantidades finais de nutrientes liberados pelas gramíneas são iguais ou superiores às quantidades liberadas pelas leguminosas, o que se deve à grande quantidade de fitomassa produzida. Existem, ainda, algumas situações especiais, nas quais as plantas de cobertura conseguem extrair do solo algum nutriente que está numa forma indisponível à maioria das culturas. Um exemplo disto é o caso do guandu, que, devido à reação ácida de suas raízes, é capaz de absorver fósforo do solo, anteriormente não disponível e que depois da decomposição da sua fitomassa retorna ao solo numa forma orgânica, facilmente assimilável pelas plantas cultivadas.

É possível selecionar e alterar a sequência das espécies de plantas de cobertura para que seja buscado um menor nível de incidência de pragas e doenças às plantas. Soja semeada após aveia-preta é menos afetada por Rhizoctonia solani e Sclerotinia sclerotiorum, sendo que o trigo é menos afetado por moléstias radiculares, como a podridão comum das raízes e o mal-do-pé. Além disso, contribui para a redução da população de nematoides na cultura da soja. Feijão em palha de braquiária é menos afetado por mofo-branco e rhizoctonia.

O manejo das plantas de cobertura deve ser entendido como o procedimento através do qual o desenvolvimento delas é interrompido com vistas a que os seus resíduos possam fazer parte da camada de palha na superfície do solo. Dependendo da época em que as plantas de cobertura estiverem sendo cultivadas, poderá haver um melhor método para o manejo delas. Quando elas forem semeadas na primavera, antecedendo a cultura de verão, o método mais adequado de manejo é o químico, que vai matar as plantas, pois as condições ambientais são favoráveis ao crescimento, de tal forma que os métodos mecânicos de manejo têm baixa eficiência nessa época, devido principalmente à característica de rebrote rápido da maioria das espécies. Além disso, necessita-se ganhar tempo nessa etapa, para não prejudicar a cultura seguinte, que é a principal. A cultura dessecada pode ser deixada em pé ou tombada com equipamento apropriado. A queda natural daquelas que permaneceram em pé não prejudica significativamente o crescimento das culturas. Como há menor contato da palha com o solo, a decomposição é mais lenta.

Para o manejo das plantas de cobertura no outono-inverno, pode ser adotada uma estratégia diferente, usando-se métodos mecânicos para eliminar o desenvolvimento vegetativo das plantas. Especialmente para as condições dos Cerrados, onde o desenvolvimento vegetativo das plantas é praticamente paralisado nessa época, devido principalmente à falta de umidade no solo, o uso exclusivo do rolo-faca, do triturador ou da roçadeira é suficiente, devendo-se estar atento para que o emprego desses equipamentos seja realizado antes que as plantas comecem a produzir sementes viáveis. Há produtores que deixam as plantas produzirem sementes e não fazem o manejo das plantas nessa época, deixando essa operação para a primavera, após as primeiras chuvas, quando as sementes produzidas já germinaram. Esse procedimento visa aumentar a quantidade de palha, mas pode haver desenvolvimento de plantas em vários estádios, tanto daquelas de cobertura quanto de espontâneas, de tal modo que pode ser necessário primeiramente um manejo mecânico (roçagem) para potencializar o efeito do manejo químico, que deve ser feito dias mais tarde, assim que houver área foliar suficiente.

A presença de uma camada de palha sobre a superfície do solo exerce um papel importante no controle das plantas daninhas, primeiramente devido ao efeito físico, que limita a passagem de luz, criando dificuldades para que haja a germinação das sementes, e pela barreira que forma, dificultando o crescimento inicial das plântulas. Outra possibilidade são os efeitos alelopáticos oriundos da decomposição da fitomassa ou exsudação das raízes, que liberam substâncias que vão exercer algum tipo de efeito inibitório nas sementes, impedindo a germinação, ou nas plantas, interferindo em algum processo do seu desenvolvimento, de tal modo que o crescimento é retardado ou paralisado, havendo casos em que ocorre a morte da planta. Em culturas de verão, como soja, feijão e milho, semeadas no sistema de plantio direto sobre coberturas mortas densas, de lenta decomposição e com ação alelopática, há possibilidade de se reduzir ou até mesmo dispensar o uso de herbicidas. Como já mencionado, é necessário saber se os efeitos alelopáticos não se estendem às lavouras cultivadas no local.

Uma estratégia visando reduzir o crescimento das plantas espontâneas pode ser a redução do espaçamento das plantas de cobertura, o que aumentará a pressão de controle sobre as espontâneas. Além disso, o sistema radicular ficará mais bem distribuído no volume do solo, melhorando, entre outras coisas, a rede de canalículos após a sua decomposição, que desempenham importante papel na movimentação de água e ar no solo. Uma questão sobre o menor espaçamento é que os caules tenderão a ser mais finos e aí a decomposição, dependendo do manejo, poderá ser acelerada.

Embora seja inquestionável a importância da palha para o SPDP, pelo papel que desempenha na melhoria das condições do solo e no rendimento das culturas comerciais, os gastos com sementes, defensivos, horas máquina, mão de obra, dentre outros, para a implantação e o manejo das plantas de cobertura, oneram o custo do sistema como um todo. Muitas vezes, essas espécies são de baixo valor comercial, servindo apenas como plantas para formação de palhada. Daí é de grande importância que seja agregado valor a essas plantas, de tal maneira que os custos de produção possam ser compensados com algum ganho extra. Na prática, isto acontece quando é possível o plantio da safrinha com culturas comerciais, como, por exemplo, o milho e o sorgo, ou com cereais de inverno, como o trigo, na região Sul. Atualmente, reconhece-se que a integração lavoura-pecuária pode viabilizar o plantio direto em muitas regiões, pelo uso de plantas forrageiras, como as braquiárias, que apresentam um grande potencial de produção de fitomassa, além de serem componentes essenciais de sistemas de produção de diferentes regiões do Brasil Central.

Ainda sob essa ótica, espécies que apresentam crescimento rápido e rebrota se destacam, uma vez que poderão ser utilizadas numa primeira etapa como forragem e, depois de novo crescimento, serem manejadas para formar palha, como em sistemas de integração lavoura-pecuária, onde o milho é plantado consorciado e/ou após uma forrageira (Figura 8). Cabe, ainda, ressaltar que devem ser dispensados cuidados durante o pastejo dessas áreas, com vistas a que a compactação seja evitada. A utilização racional nesse sistema integrado deve levar em conta que, primeiramente, deverá haver uma camada de palha já formada para, só depois, elas serem utilizadas como forragens.

Foto: Arquivo Emater-MG



Figura 8. Lavoura de milho em sistema de integração lavoura- pecuária.

## Equipamentos para o manejo do solo

A escolha e utilização dos equipamentos agrícolas, nos diferentes sistemas de manejo do solo, são dependentes do tratamento que se quer dar ao solo para exploração agrícola. Além disso, os requerimentos de energia nos sistemas de manejo do solo poderão definir a viabilidade econômica dos referidos sistemas.

Para que um equipamento seja utilizado racionalmente e eficientemente, 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).

Dos diferentes sistemas de manejo de solo e suas características, utilizados em diferentes regiões produtoras do mundo, podemos destacar a seguir:

- 1. Sistema Convencional: combinação de uma aração (arado de disco) e duas gradagens, feitas com a finalidade de criar condições favoráveis para o estabelecimento da cultura.
- 2. Sistema Cultivo Mínimo: refere-se à quantidade de preparo do solo, para criar nele condições necessárias a uma boa emergência e estabelecimento de planta.

3. Sistema Conservacionista: qualquer sistema de preparo do solo que reduza a perda de solo ou água, comparado com os sistemas de preparo que o deixam limpo e nivelado.

**Plantio Direto:** método de plantio que não envolve preparo de solo, a não ser na faixa e profundidade onde a semente será plantada. O uso de picador de palha na colhedora automotriz é importante para uma melhor distribuição da palhada na superfície do solo e as plantas daninhas são controladas por processos químicos.

**Escarificador:** tem a finalidade de quebrar a estrutura do solo a uma profundidade de 20 a 25 cm, através do arado escarificador, sem inversão da leiva, deixando o solo com bastante rugosidade e com uma apreciável quantidade de cobertura morta. Com isto, apresenta uma excelente capacidade de infiltração de água no solo.

**Camalhão:** pode-se fazer camalhões anuais e permanentes, sendo, em ambos os casos, usados para plantio de culturas em linha. Os melhores resultados desse sistema são em solos nivelados, maldrenados. Os camalhões podem ser construídos com arado de aiveca, sulcadores ou implementos próprios. O plantio é feito após reduzido preparo de solo. A conservação do solo apresentada nesse sistema vai depender da quantidade de resíduo e direção das linhas de plantio. Plantio em curva de nível, juntamente com o acúmulo de resíduo na superfície, reduz as perdas de solo.

## Equipamentos agrícolas utilizados para o manejo da palhada

Nos sistemas de produção em que o agricultor explora uma cultura anualmente, o picador de palha tem a finalidade de aumentar a rapidez de decomposição dos restos de cultura, melhorar a habilidade do arado em incorporá-lo e evitar embuchamento nas operações de plantio.

Nos sistemas de produção de duas culturas anuais (inverno e verão), o volume de restos de cultura é maior e o tempo disponível para decomposição dos mesmos é menor; consequentemente, há necessidade de uma boa distribuição deste material no solo, para maior facilidade das operações subsequentes. O material deve ser bem picado, para evitar embuchamento junto aos sulcadores das semeadoras. Caso seja adotado o sistema convencional de preparo do solo, os motivos para se usar o picador de palha são os mesmos descritos anteriormente. Se o sistema adotado for de plantio direto, o uso do picador de palha trará como consequências a uniformização da palhada em toda a área, diminuindo a evaporação da água da superfície e a melhoria da eficiência dos herbicidas.

Nos sistemas de exploração de culturas mecanizadas, a etapa de picar palha realiza-se durante a colheita, tendo em vista que as colhedoras são geralmente providas de um picador de palha, sendo essa palha posteriormente distribuída na superfície do solo. Mesmo assim, para cultura do milho, haverá necessidade de uma operação complementar para picar melhor a palha, pois somente uns 30% da palhada passam por dentro da colhedora. Para tanto, pode-se utilizar uma roçadeira ou um picador de palha. Para outras culturas, tais como soja, trigo e arroz, a necessidade da operação complementar vai depender da altura do corte da colhedora. Caso a colheita seja feita com a barra de corte bem próxima ao solo e com colhedora equipada com picador de palha, essa operação será dispensada.

Para o caso de não utilização de colhedoras com picadores, há necessidade de manejar outras culturas de cobertura, pode-se usar triturador, roçadora ou um rolo-faca. Tanto o triturador quanto a roçadora promovem uma fragmentação excessiva, recomendada apenas quando há grande quantidade de massa vegetal e quando se utilizam semeadoras com espaçamento entre linhas reduzido(menor que 50 cm). O rolo-faca realiza o acamamento e o corte total ou parcial do material, dependendo de suas características construtivas. Como a palha não é muito picada, a decomposição dos resíduos é mais lenta; no entanto, sua eficiência depende do tipo de cobertura vegetal, do desenvolvimento da planta na época do manejo, da umidade do solo e da regularidade da sua superfície.

## Equipamento para preparo do solo

O nosso sistema convencional de preparo de solo consiste de uma aração com arado de disco e duas gradagens (com grade destorroadora e niveladora).

Para as culturas anuais, as grades pesadas vinham sendo bastante utilizadas, por promoverem maior rendimento por hectare, devido às altas velocidades de trabalho e pela habilidade de trabalhar em solos recém-desmatados, onde o sistema radicular da vegetação traz sérios problemas para os arados.

Tem sido verificado que, à medida que se aumenta a área da propriedade, há uma preferência pela grade aradora em detrimento do arado de disco, conforme é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição percentual do uso do arado de disco e da grade pesada por extrato de áreas, no município de Ituiutaba, MG.

Área (ha)	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).

Essa tendência é confirmada por Melo Filho & Richetti (1998) que, em levantamento realizado no Mato Grosso do Sul, verificaram que a grade pesada é usada por 57,32% dos produtores entrevistados, enquanto que o arado de discos é utilizado por apenas 5,10% dos produtores. A maior preferência pela grade aradora ou grade pesada pode ser atribuída a seu maior rendimento de trabalho e menor consumo de combustível (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de combustível e rendimento de diferentes implementos de preparo do solo.

Equipamento (I/ha)	Consumo de combustível		Rendimento	
	Relativo (%)	(ha/hora)	Kendinento	
Arado de discos	25,7	(100)	0,40	
Grade pesada	13,9	(54)	0,90	
Escarificador A	17,1	(67)	0,83	
Escarificador B	20,2	(79)	0,78	
Escarificador C	17,4	(68)	0,87	
Escarificador D	20,6	(80)	0,70	

Fonte: Hoogmoed e Derpsch, 1985 citados por Derpsch, et al., 1991.

Uma desvantagem da grade aradora é que ela provoca grande pulverização do solo. Além disso, o uso da grade continuamente, no verão e na safrinha, por anos sucessivos, pode provocar a formação do "pé-de-grade", uma camada compactada logo abaixo da profundidade de corte da grade, a 10-15 cm. Essa camada reduz a infiltração de água no solo, o que, por sua vez, irá favorecer maior escorrimento superficial e, consequentemente, a erosão do solo e a redução da produtividade do milho safrinha (DeMaria & Duarte, 1997; DeMaria et al., 1999) e do milho na safra normal (Cruz,1999).

A incorporação de corretivos e, esporadicamente, de fertilizantes a menores profundidades, com a grade aradora, associada à existência de uma camada compactada logo abaixo, vai estimular 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 (Castro, 1989, DeMaria et al., 1999).

Devido a dificuldades técnicas encontradas no uso dos arados de aiveca fabricados no país, para tração mecânica, os mesmos vinham sendo mais utilizados para tração animal. Entretanto, nos últimos anos, alguns fabricantes começaram a se interessar por esse tipo de arado, e com isso alguns modelos têm sido disponibilizados no mercado. No sentido de melhorar a resistência dos materiais utilizados neste tipo de arado, têm sido implementados mecanismos de segurança contra quebra dos mesmos e, também, tem sido modificada a largura de trabalho, para adaptá-lo à tração mecânica em algumas regiões.

Na década de 90, o arado escarificador, disponibilizado para a agricultura brasileira compõe mais um sistema conservacionista de manejo do solo.

Basicamente, esses três tipos de arados têm as seguintes características:

- Arado de disco: é recomendados para solos duros, com raízes e pedras, solos pegajosos, abrasivos e solo turfosos.
- Arado de aiveca: promove incorporação de resíduo e boa pulverização do solo, sob condições ideais. Apresenta diferentes tipos de aiveca, de acordo com o tipo de solo.
- Arado escarificador: aumenta a rugosidade do solo, deixando uma apreciável quantidade de cobertura morta e também quebra a estrutura do solo a uma profundidade de 20 a 25 cm. Com essas três características, esse sistema aumenta a capacidade de infiltração de água no solo, diminui a evaporação e quebra a camada compactada, abaixo da área de preparo de solo, denominada "pé de arado".

As enxadas rotativas, como uma outra alternativa de manejo do solo, apresentam uma característica de preparo bastante conhecida: pulverização do solo.

Apresenta possibilidade de regulagens, tanto na rotação das enxadas como também no tamanho de torrão que se quer obter. Tem seu uso bastante aconselhado para os trabalhos em horticultura, devido às exigências do plantio, pois as sementes utilizadas são de tamanho muito reduzido. Geralmente, é desaconselhado seu uso em solos localizados em regiões declivosas, pois a quebra da estrutura do agregado poderá favorecer os processos de erosão.

## Requerimento de energia

Os requerimentos de energia das operações de manejo de solo dependem do tipo de solo e do tratamento que ele sofreu anteriormente. Valores de consumo de energia das diferentes operações com implementos foram obtidos para os solos de alta, média e baixa resistência à tração (Tabela 4). Os esforços de tração para os três tipos de solos foram convertidos para energia na barra de tração (Kwh/ha). A energia na tomada de potência, TDP

(Kwh/ha), foi calculada, usando-se uma eficiência tratora entre 50% e 70%, dependendo do tipo e condições do solo. O consumo de combustível foi calculado usando-se uma estimativa de consumo de 2,46 TDP Kwh/l de diesel.

**Tabela 4.** Requerimento de energia e consumo de combustível para as diferentes operações de preparo de solo e plantio.

	Classificação de Resistência do Solo à Tração					
	Baixa		Média		Alta	
	TDP Kwh/ha	1/ha	TDP Kwh/ha	1/ha	TDP Kwh/ha	1/ha
1. Picador de Palha	18,5	7,5	18,5	7,5	18,5	7,5
2. Arado (disco ou aiveca)	33,2	13,1	53,5	21,5	73,8	30,0
3. Arado escarificador	22,2	8,9	35,1	14,0	48,0	20,0
4. Grade (em palha)	9,2	3,7	9,2	3,7	9,2	3,7
5. Grade (gradagem convencional)	11,1	4,7	12,9	5,1	14,8	6,1
6. Máquina para camalhão	33,2	13,1	40,6	16,4	48,0	19,7
7. Cultivador	11,4	4,7	23,1	9,4	35,1	14
8. Plantadora (plantio convencional)	9,2	3,7	11,4	4,7	13,8	5,6
9. Plantadora (plantio direto)	9,6	4,2	12	4,7	15,7	6,6
10. Enxada rotativa	3,7	1,4	5,5	2,3	7,4	2,8
11. Cultivador (plantio convencional)	4,6	1,9	5,9	2,5	7,9	3,3
12. Cultivador (plantio direto)	6,1	2,3	7,9	3,3	10,5	4,2

Consumo de combustível do trator: 2,46 Kwh/ha.

Fonte: Richey et al, 1977.

Para efeito comparativo de consumo de energia nos diferentes sistemas de manejo de solo, Gunkel et al. (1976) mostram que a equivalência em diesel dos herbicidas utilizados no controle de plantas daninhas é de 66 Kwh/kg de ingrediente ativo (i.a.) no seu meio de dispersão. Wittmus e Lane (1973), estudando o conteúdo de energia no óleo diesel, mostraram que essa relação é de 11,35 Kwh/l, sendo que 5,82 de óleo diesel equivalem a 1kg do ingrediente ativo do herbicida.

A adoção de qualquer sistema de manejo do solo pelo agricultor depende do consumo de energia do sistema e do conhecimento das características dos implementos agrícolas utilizados. A Tabela 5 mostra uma comparação de consumo de combustível entre os sistemas Convencional e Plantio Direto, para um solo de resistência média.

Tabela 5. Consumo de combustível (I/ha) para as diferentes operações de campo, nos sistemas Convencional e de Plantio Direto, em solos de resistência média à tração.

	Sistemas de manejo e operações de campo	Diesel requerido (l/ha
Plantio Convencional (1)		
Picagem de Palha		7.5
Aração		21.5
1ª gradagem		5.1

02/09/2022 12:24	Cultivo do Milho	
Aplicação de Herbicida (ALACHLOR = 2,4 kg/ha + ATRAZINE = 1,5 kg/ha)	22.69	
2ª gradagem	5.1	
3ª gradagem	5.1	
Plantio	4.7	
Total	71.69	
Plantio Convencional (2)		
Picagem de Palha	7.5	
Aração	21.5	
1 <sup>a</sup> gradagem	5.1	
2ª gradagem	5.1	
Plantio	4.7	
1º cultivo	9.4	
2º cultivo	9.4	
Total	62.7	
Plantio Direto		
1ª pulverização (0,4 kg/ha)PARAQUAT	2.528	
2ª pulverização (2,4 kg/ha) ALACHLOR	13.986	
(1,5 kg/ha) ATRAZINE	8.73	
Plantio	4.7	
Total	29.726	

Fonte: Adaptado de Gunkel et al. (1976) e Wittmus e Lane (1973).

Iniciado nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, em 1970, e com o processo de adoção pelos agricultores a partir de 1976, o Plantio Direto está hoje sendo adotado e adaptado a quase todas as regiões do Brasil. Segundo levantamento da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (Febrapdp), na safra 90/91, apenas 1 milhão de hectares eram cultivados com o sistema. Dois anos depois, em 92/93, a área dobrou e, em 1994, atingia três milhões de hectares, alcançando hoje, cerca de 12 milhões de hectares, incluindo tanto grandes como médios e pequenos produtores, dentre estes os que utilizam tração animal, e expandindo-se em todo o território nacional (Técnicos, 2000). Os estados do Rio Grande do Sul e 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, citrus e café (Frutos da terra, 2000).

**Autores deste tópico:**Evandro Chartuni Mantovani,Francisco Tenorio Falcao Pereira,Israel Alexandre Pereira Filho,Joao Herbert Moreira Viana,Manoel Ricardo de Albuquerque Filho,Ramon Costa Alvarenga,Jose Carlos Cruz

## **Expediente**

### Embrapa Milho e Sorgo

### Comitê de publicações

Sidney Netto Parentoni Presidente

Elena Charlotte Landau Secretário executivo

Flávia Cristina dos Santos Guilherme Ferreira Viana Eliane Aparecida Gomes Flávio Tardin Paulo Afonso Viana Rosangela Lacerda de Castro Membros

### **Corpo editorial**

Israel Alexandre Pereira Filho

Editor(es) técnico(s)

Antonio Claudio da Silva Barros Guilherme Ferreira Viana Revisor(es) de texto

Rosangela Lacerda de Castro Normalização bibliográfica

Enilda Alves Coelho Arnaldo Macedo Pontes Editoração eletrônica

## Embrapa Informação Tecnológica

Selma Lúcia Lira Beltrão Rúbia Maria Pereira Coordenação editoral

### Corpo técnico

Cláudia Brandão Mattos (Auditora) Karla Ignês Corvino Silva (Analista de Sistemas) Talita Ferreira (Analista de Sistemas) Supervisão editorial

Cláudia Brandão Mattos Mateus Albuquerque Rocha (SEA Tecnologia) Projeto gráfico

## Embrapa Informática Agropecuária

Kleber Xavier Sampaio de Souza Silvia Maria Fonseca Silveira Massruha Coordenação técnica

### Corpo técnico

Leandro Henrique Mendonça de Oliveira (Suporte operacional) Publicação eletrônica

Dácio Miranda Ferreira (Infraestrutura de servidor) Suporte computacional

#### Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Todos os direitos reservados, conforme Lei nº 9.610

Embrapa Informação Tecnológica

Fone: (61) 3448-4162 / 3448-4155 Fax: (61) 3272-4168