

# Cultivo do Milho

José Carlos Cruz  
João Herbert Moreira Viana  
Ramon Costa Alvarenga  
Israel Alexandre Pereira Filho  
Derli Prudente Santana  
Francisco Tenório Falcão Pereira  
Luiz Carlos Hernani

## Sumário

Apresentação  
Economia da produção  
Zoneamento agrícola  
Clima e solo  
Ecofisiologia  
Manejo de solos  
Fertilidade de solos  
Cultivares  
Plantio  
Irrigação  
Plantas daninhas  
Doenças  
Pragas  
Colheita e pós-colheita  
Mercado e comercialização  
Coeficientes técnicos  
Referências  
Glossário

Expediente

## Manejo de solos

### Sistema Plantio Direto

Trinta anos após sua introdução em território nacional, o sistema de plantio direto consolidou-se como uma tecnologia conservacionista largamente aceita entre os agricultores, havendo sistemas adaptados a diferentes regiões e aos diferentes níveis tecnológicos, do grande ao pequeno agricultor que usa a tração animal. No ano agrícola de 2001/2002, estimou-se que mais de 14 milhões de hectares foram cultivados sob plantio direto, no Brasil, algo em torno de 30% da área total utilizada com culturas anuais (Fig. 1).

Foto: Ramon Costa Alvarenga



**Fig. 1** Sistema de plantio direto de milho

Esse sistema de produção requer cuidados na sua implantação mas, depois de estabelecido, seus benefícios se estendem não apenas ao solo, mas, também, ao rendimento das culturas e a competitividade dos sistemas agropecuários. Devido à drástica redução da erosão, reduz o potencial de contaminação do meio ambiente 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 na qual procura-se manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais. Essa cobertura tem por finalidade protegê-lo do impacto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica. Existem diversos sinônimos ou termos equivalentes para plantio direto: plantio direto na palha, cultivo zero, sem preparo ("no-tillage"), cultivo reduzido, entre outros. Efetivamente, poderia considerar-se o plantio direto como um 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 hoje entendido como um sistema com os seguintes fundamentos, que interagem:

- Eliminação/redução das operações de preparo do solo. Como resultado, evita o selamento superficial, decorrente do impacto das gotas de chuva; conseqüentemente, reduz o escoamento superficial e aumenta a infiltração, reduzindo drasticamente a erosão. Há maior manutenção da estabilidade de agregados, melhorando a estrutura do solo, evitando compactação subsuperficial. Reduz as perdas de água por evaporação, aumentando a disponibilidade de água para as plantas, a atividade biológica do solo e a manutenção da matéria orgânica do solo.
- Uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas. O uso de herbicidas dessecantes significa substituir a energia mecânica do preparo do solo pela energia química (herbicida). É fundamental o uso de métodos integrados de controle de plantas daninhas, como o uso de culturas de cobertura, rotação de culturas e herbicidas específicos.
- Formação e manutenção da cobertura morta. Fornece proteção contra o impacto das gotas de chuva, reduzindo o escoamento superficial, o transporte de sedimentos e, conseqüentemente, a erosão. Atua ainda na proteção do solo contra o efeito dos raios solares, reduzindo a evaporação, a temperatura do solo e a amplitude térmica do solo, e contra a ação de ventos. Com a sua decomposição, incorpora matéria orgânica ao solo, necessária a uma maior e mais rica atividade microbiana, o que permite maior reciclagem de nutrientes. Além disso, auxilia no controle de plantas daninhas, pela supressão ou efeito alelopático.

Os dados da Tabela 1 exemplificam o efeito de restos culturais no escoamento superficial, infiltração e perdas de solo.

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

Resíduos (t/ha)	Efeitos sobre a água e solo		
	Escoamento (%)	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. A combinação de espécies com diferentes exigências nutricionais, velocidade de decomposição, produção de fitomassa e sistema radicular torna o sistema mais eficiente, além de facilitar o controle integrado de pragas, doenças e plantas daninhas. Nas regiões onde soja e milho são plantados normalmente, o SPD se beneficia dessa rotação, que é benéfica a ambas as culturas. Na semeadura do milho safrinha após a soja precoce, é o milho que, então, é mais beneficiado. Essa sucessão, entretanto, não caracteriza rotação de culturas nem se recomenda que seja repetida indefinidamente. Para o sucesso do plantio direto, um fator muito importante é o aporte de material orgânico e cobertura vegetal. Neste caso, o milho apresenta papel de destaque, por sua grande produção de fitomassa de relação C/N alta, o que colabora para uma maior cobertura do solo, tanto em quantidade como em tempo de permanência na superfície.
- Uso de semeadoras específicas.

As vantagens ou desvantagens do plantio direto dependem de uma série de fatores e características edafoclimáticas 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 seja 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).
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 escoamento superficial, da maior infiltração e da menor evaporação) o que poderia agravar o problema de excesso de umidade em solos com drenagem deficiente, principalmente em solos argilosos.
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, sucessivamente, sempre a uma mesma profundidade, causa uma série de problemas: redução da infiltração de água no solo, favorecendo o escoamento superficial de água e sedimentos e a erosão; concentração do sistema radicular nas camadas superficiais do solo, reduzindo o volume de solo explorado pelas raízes, tanto em termos de nutrição de plantas quanto de absorção de água, tornando as plantas mais susceptíveis aos veranicos e reduzindo sua 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. **A superfície do terreno deve estar nivelada**  
Solos cheios de sulcos ou valetas devem ser recuperados previamente, tornando a superfície do terreno o mais nivelada possível. Esse problema também é muito comum em áreas de pastagens degradadas. Existem no mercado plantadoras/semeadoras com sistema de plantio que permitem 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 profundo possível; se for conveniente, fazer 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. **Os níveis de fertilidade devem situar-se na faixa de média a alta.**  
Correções dos teores de fósforo e potássio são necessárias antes de iniciar o Sistema Plantio Direto. Na realidade, 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. Os restos culturais devem cobrir, pelo menos, 80% da superfície do solo, ou manter 6 t/ha de matéria seca para cobertura do solo.  
Provavelmente, 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. Jamais pensar em queimar os restos culturais  
Este requisito é óbvio, mas pode ser um problema com a cultura do algodão, para a qual, por razões fitossanitárias, às vezes se recomenda 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. 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, associado 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, envolvendo muitas vezes agricultura e pecuária.

### **Funções da palhada no Plantio Direto**

A palha ou palhada representa a essência 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 escoamento superficial, aumentando o tempo e a capacidade de infiltração da água da chuva;
3. Como conseqüência, há uma significativa redução nas perdas de solo e água pela erosão;
4. Protege a superfície do solo da ação direta dos raios solares, reduzindo a evaporação e, conseqüentemente, mantém maior quantidade de água disponível no solo;
5. Reduz a amplitude hídrica e térmica, favorecendo a atividade biológica;
6. Aumenta a matéria orgânica no perfil do solo, aumentando a disponibilidade de água para as plantas, a CTC do solo e melhora suas características físicas;
7. 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.

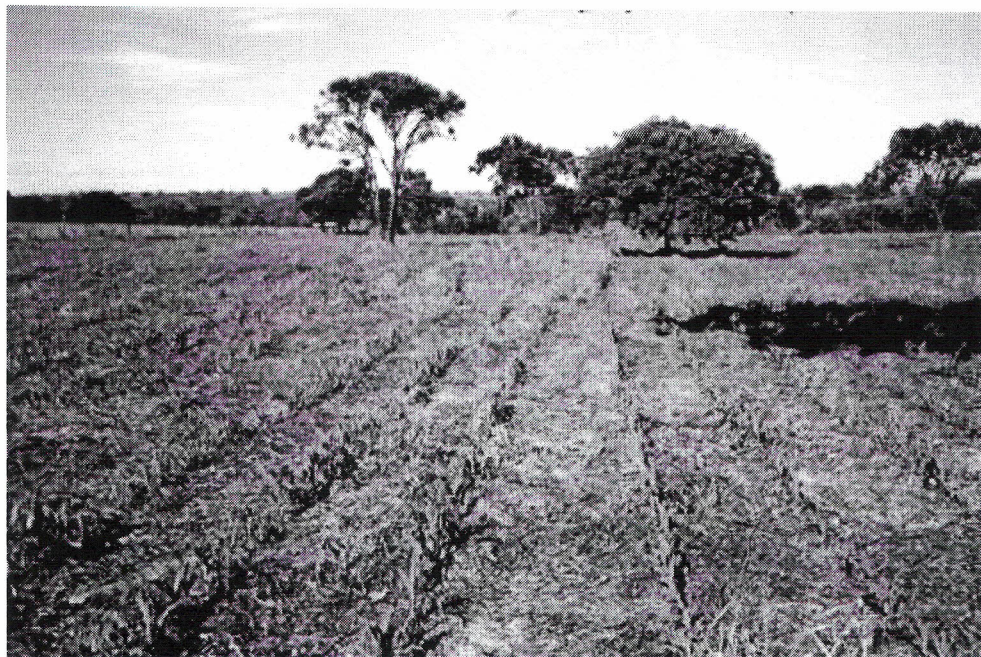
Especial atenção deve ser dada à soja e ao milho, culturas mais usadas no plantio direto, e que apresentam grandes vantagens quando plantadas em rotação (ou seja, uma em substituição à outra na safra seguinte de verão), inclusive com aumentos significativos nos rendimentos de ambas as culturas.

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, que já ocupa cerca de dois milhões e seiscentos mil hectares, plantados na safra 2001/02, 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 (Fig. 2). 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



**Fig. 2** Sistema de Plantio direto de milho

### **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.

Tem sido observada maior concentração das raízes das plantas de milho na camada superior do solo em plantio direto, comparado com o 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 maldrenado. 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, 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**

Em áreas onde as explorações agrícolas são mais intensivas, como em agricultura irrigada e em sucessões de culturas, a exemplo da "safrinha" de milho, em que o solo é mais intensamente trabalhado, a probabilidade de acelerar sua degradação, aumentando os problemas de compactação, erosão e redução de sua produtividade, é bem maior.