

Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto

Ramon Costa Alvarenga¹
Waldo Alejandro Lara Cabezas²
José Carlos Cruz³
Derli Prudente Santana⁴

Resumo - A camada de palha, sobre o solo, é essencial para o sucesso do Sistema Plantio Direto (SPD). Cria um ambiente extremamente favorável às condições físicas, químicas e biológicas do solo contribuindo para o controle de plantas daninhas, estabilização da produção e recuperação ou manutenção da qualidade do solo. O sistema de rotação e sucessão de culturas deve ser adequado para permitir a manutenção de uma cobertura mínima do solo com palha. Na escolha destas plantas, é fator decisivo conhecer a sua adaptação à região e sua habilidade em crescer num ambiente menos favorável, uma vez que as culturas comerciais são estabelecidas nas épocas mais propícias. Isto é especialmente verdade nas condições de Brasil Central, onde o inverno é seco, ao passo que na região Sul, de inverno úmido, não existe essa limitação e há maior opção de plantas adaptadas às condições do inverno. Existem muitas plantas de cobertura para as diferentes regiões edafoclimáticas do Brasil, e a experiência local é decisiva nesta seleção. Em qualquer situação, deve-se ter sempre em mente que não existe uma planta milagrosa e que o ideal é ter mais de uma dessas espécies no sistema de produção, onde busca-se aliar renda à preservação ambiental.

Palavras-chave: Sistema de produção; Cobertura morta; Palhada; Reciclagem de nutrientes, Sucessão de culturas, Conservação do solo, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Consolidada como a maior inovação tecnológica da agricultura no fim do milênio o Sistema Plantio Direto (SPD) vive, nos dias atuais, o seu aprimoramento em função das condições regionais e até mesmo locais em que é praticado, ou seja, cria identidade regional, conforme a oferta ambiental dos fatores de crescimento. Grande parte do sucesso deste sistema 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 e contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção da qualidade do solo.

zação da produção e para a recuperação ou manutenção da qualidade do solo.

Neste contexto, a busca por plantas de cobertura de solo mais adaptadas aos diferentes ambientes edafoclimáticos e que se ajustem melhor aos sistemas de rotação, é uma necessidade.

A importância dessa camada de palha sobre a superfície do solo é destacada por Heckler et al. (1998) da seguinte maneira:

“Essa camada funciona como atenuadora ou dissipadora de energia, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, atua como obstáculo ao movimento do excesso de água

que não infiltrou no solo e impede o transporte e o arrastamento de partículas pela enxurrada. Dessa forma, minimiza ou elimina a erosão. Protege a superfície do solo e, conseqüentemente, seus agregados da ação direta dos raios solares e do vento. Diminui a evaporação, aumentando a infiltração e o armazenamento de água no solo, promovendo na camada mais superficial temperaturas mais amenas ao desenvolvimento de plantas e organismos. Com sua incorporação lenta e gradativa no solo, promove aumento de matéria orgânica, que é fonte de energia

¹Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. E-mail: ramon@cnpmis.embrapa.br

²Eng^o Agr^o, D.Sc., Prof. Visitante Universidade Federal de Uberlândia - Instituto de Ciências Agrárias, Bolsista CAPES, Caixa Postal 593, CEP 38406-067 Uberlândia-MG. E-mail: waldolar@triang.com.br

³Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. E-mail: zecarlos@cnpmis.embrapa.br

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

para os microrganismos. Ocorre também aumento da atividade microbiana que, aliada à mineralização, torna disponível nutrientes às plantas, induzindo melhoria na produtividade. Sua presença protetora promove o controle das plantas daninhas, fator decisivo para o sucesso do SPD. A palha é fundamental para a cobertura permanente do solo, pois mantém ou melhora atributos físicos, químicos e biológicos e, portanto, a qualidade do solo.”

Semelhantemente, Séguy & Bonizac (1995) atribuem à camada de palha o papel de “uma bomba recicladora de nutrientes”, ilustrando este comportamento da seguinte maneira:

“o que se tentou fazer é reproduzir na agricultura o equilíbrio dinâmico que a natureza faz na Floresta Amazônica. Na superfície do solo, a decomposição da matéria orgânica da liteira funciona como uma válvula, liberando gradativamente os nutrientes. Esse fenômeno é o mesmo que acontece em plantio direto, na palhada de plantas como o sorgo, milho e milheto, que têm um enraizamento muito profundo, reciclador e reestruturador do solo. Essa fitomassa vai-se decompor durante o ciclo da soja plantada em seguida, liberando gradativamente os nutrientes para a cultura.”

São reconhecidas duas fases distintas no processo de adoção do SPD com relação à formação de palhada sobre o solo. A primeira delas, de estabelecimento, que dura até que se consiga uma quantidade adequada de palha sobre a superfície do solo, o que é variável conforme a região e, normalmente, é conseguida depois de alguns anos de adoção do sistema. A outra fase é a de manutenção do sistema após ter-se estabelecido a cobertura do solo com palha. Desse modo, haverá um SPD mais estabilizado, na medida em que o sistema de rotação adotado possibilitar a manutenção de uma camada de palha sobre o solo ao longo do tempo. Só assim conseguirá um sistema estabilizado, em que poderão ser alcançados todos os benefícios dessa prática. Entretanto, dependendo dos tipos de

culturas e das plantas de cobertura, esta palhada vai variar no tempo e no espaço em quantidade e em qualidade.

CARACTERÍSTICAS DAS PLANTAS DE COBERTURA

A quantidade e a qualidade da palha sobre a superfície do solo dependem do sistema de rotação adotado e, em grande parte, do tipo de planta de cobertura e do manejo que lhe é dado. Primeiramente, devem-se selecionar aquelas espécies com maior potencial 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, maior 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 idéia sobre a reciclagem de nutrientes desde que se conheça o padrão de extração de nutrientes pela espécie selecionada. Geralmente, cultivares de ciclo mais longo produzem mais fitomassa e, para potencializar essa característica, a semeadura deve ser realizada na época adequada. Outra possibilidade para obter maior fitomassa é a de usar maior densidade de plantas. De qualquer forma, quando essas plantas são cultivadas após a cultura principal, o manejo da parte aérea deve ser retardado até pouco antes da cultura começar a produzir sementes viáveis, tomando-se o cuidado de não picar demasiadamente os resíduos, o que acelera a sua decomposição, e de distribuí-los o mais uniformemente possível sobre o solo.

Na escolha das espécies, devem ser levadas 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 é conhecer o potencial dessas plantas 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.

Produção de fitomassa

A quantidade de palha sobre o solo e a uniformidade da sua distribuição podem servir de referência para uma avaliação preliminar sobre as condições nas quais o SPD está-se desenvolvendo. Pode-se considerar que 6 t ha⁻¹ de resíduos sobre a superfície seja uma quantidade adequada ao SPD, com a qual consegue-se boa taxa de cobertura do solo. Entretanto, dependendo do tipo de planta, da região e das condições edafoclimáticas, essa quantidade pode variar bastante em função das facilidades ou dificuldades de produção de fitomassa ou da taxa de decomposição. A melhor performance apresentada pelas gramíneas, em relação às leguminosas, está ligada, entre outros aspectos, ao desenvolvimento inicial mais rápido, o que se associa a uma melhor adaptação às condições edafoclimáticas adversas (Gomes et al., 1997).

Alguns trabalhos desenvolvidos em Uberlândia (MG), região de cerrado do Triângulo Mineiro, ilustram o comportamento de plantas de cobertura, conforme a época de suas implantações. Resende (1995) avaliou a produção de matéria seca de três gramíneas (milheto, sorgo forrageiro e aveia preta) e três leguminosas (feijão-guandu, lab-lab e tremoço-azul) semeadas em fevereiro, março e abril, em Latossolo Vermelho argiloso. Verificou uma queda significativa na produção de matéria seca, em direta relação com a época mais tardia da semeadura, de tal forma que houve problemas de germinação, quando as culturas foram semeadas em abril. Na semeadura de fevereiro foram destaque, o sorgo forrageiro entre as gramíneas, produzindo 16,7 t ha⁻¹ de matéria seca e o feijão-guandu entre as leguminosas, produzindo 4,26 t ha⁻¹ de matéria seca. Neste mesmo local, foram obtidas as seguintes produções médias de matéria seca para as culturas de aveia preta,

feijão-guandu, milheto, nabo forrageiro, sorgo forrageiro e lab-lab: 3,96; 0,82; 5,84; 5,06; 6,44 e 1,32 t ha⁻¹, respectivamente, com predomínio da produção de matéria seca das gramíneas em relação às leguminosas. Fontes (1998) comparou a produção de matéria seca de três variedades de feijão-guandu; lab-lab; crotalaria spectabilis e nabo forrageiro em duas épocas (março e abril), com destaque para o nabo forrageiro na primeira época (produção de 3,9 t ha⁻¹), e para as leguminosas com produção inferior a 3,0 t ha⁻¹. Em média, as culturas semeadas em abril alcançaram produções de matéria seca inferiores a 0,5 t ha⁻¹. Isto coloca em evidência a grande dificuldade na formação de palhada para o SPD, ainda com semeaduras efetuadas na segunda quinzena de março na região.

Aguiar (1998) avaliou de forma demonstrativa (parcelas sem repetição) o potencial de produção de matéria seca e disponibilização de nitrogênio (N) de sete leguminosas forrageiras (feijão-de-porco, crotalaria spectabilis, feijão-bravo, feijão-guandu, mucuna cinza, crotalaria juncea e guanduanão). Os materiais foram dessecados e, a seguir, foi semeado milho, sem adubação de base nem cobertura, sendo avaliada a produtividade sobre as restes das leguminosas e sobre pousio (controle). Entre as leguminosas, foram destaque em produção de matéria seca e N acumulado, prévio ao manejo, crotalaria juncea (12,7 t ha⁻¹ e 429 kg ha⁻¹); mucuna cinza (9,3 t ha⁻¹ e 350 kg ha⁻¹) e feijão-de-porco (7,8 t ha⁻¹ e 290 kg ha⁻¹). Sobre as palhadas destas culturas, as maiores produtividades do milho foram obtidas sobre a mucuna cinza (3.167 kg ha⁻¹ de grãos), seguida da crotalaria (3.000 kg ha⁻¹). A produtividade alcançada na área controle (pousio) foi de 2.208 kg ha⁻¹. Apesar de haver um aumento de 39,7% na produtividade média do milho após o cultivo de leguminosas (mucuna e crotalaria), em relação ao controle, grande parte do N disponibilizado pelas leguminosas não foi aproveitada pelo milho. Isto levanta o questionamento sobre as práticas da dessecação e da pluviosidade ainda abundante nesta época, sobre a taxa de liberação do N e sua disponibilidade para o

milho que não recebeu N na forma de fertilizante. Se a palhada de cobertura não fosse dessecada, haveria um maior aproveitamento do N-leguminosa pelo milho? Por outro lado, coloca-se em evidência, a dificuldade de obter uma safrinha rentável do milho na região de Uberlândia, no Triângulo Mineiro.

Um ensaio demonstrativo de 16 culturas semeadas a lanço, sem adubação, visando avaliar a produção de matéria seca,

foi realizado por Lara Cabezas et al. (2000). Os resultados da avaliação, efetuada aos 98 dias após a semeadura, podem ser observados no Gráfico 2. A reciclagem de N correspondente está sumarizada no Quadro 1.

Tais resultados permitiram, de forma preliminar, classificar as culturas em baixa, média e alta produção de matéria seca (Quadro 2), em relação à reciclagem de N correspondente. O milheto BRS 1501, milheto NPM 1 e o sorgo preto apresentaram as

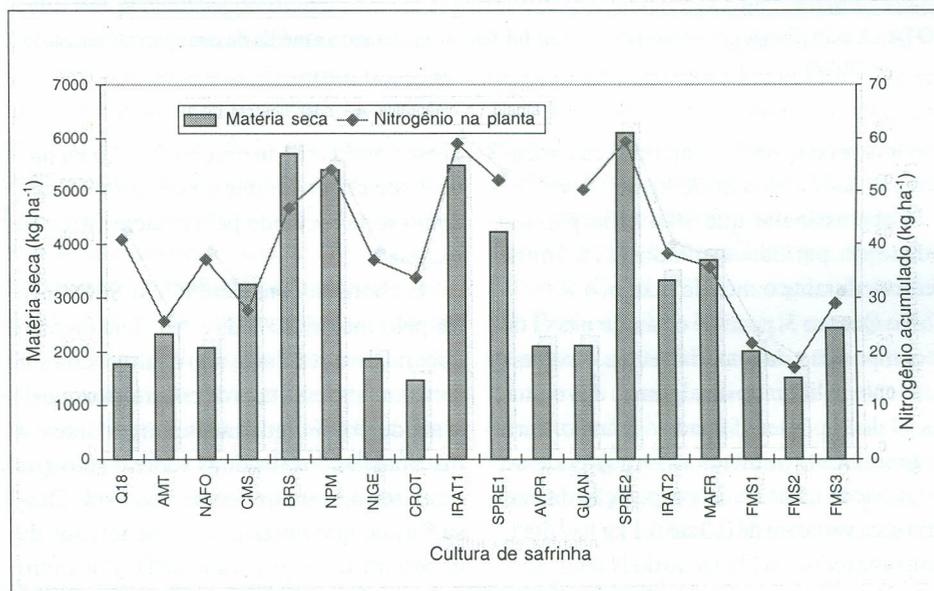


Gráfico 2 - Rendimento de fitomassa aérea seca das culturas de safrinha, após 98 dias da semeadura - Iraí de Minas (MG) 1999

NOTA: Q18 - Quinoa; AMT - Amaranthus; NAFO - Nabo forrageiro; CMS - Milheto CMS 03; BRS - Milheto BRS 1501; NPM - Milheto NPM 1 alto; NIGE - Níger; CROT - Crotalaria ochroleuca; IRAT1 - Sorgo irati; SPRE1 - Sorgo preto; AVPR - Aveia preta; GUAN - Guandu; SPRE2 - Sorgo preto; IRAT2 - Sorgo irati; MAFR - Milheto africano; FMS1 - Aveia FMS1; FMS2 - Aveia FMS2; FMS3 - Aveia FMS3.

QUADRO 1 - Capacidade recicladora de nitrogênio das culturas de safrinha nabo forrageiro e milho

Nitrogênio	Safrinha	
	Nabo forrageiro (kg ha ⁻¹)	Milheto (kg ha ⁻¹)
N-ofertado		
N-decomposição palhada	60,3	61,5
N-mineralizado MO (considerando 2,6 meses)	34,3	35,9
N-reciclado planta	55,6	107,8
(N-reciclado planta/N-ofertado) 100(%)	58,8	110,7

FONTE: Lara Cabezas et al. (2000).

QUADRO 2 - Classificação das culturas de safrinhas avaliadas aos 98 dias após a semeadura, segundo a produção de matéria seca e N-total acumulado

N-total acumulado (kg ha ⁻¹)	Produção de matéria seca (kg ha ⁻¹)		
	0,0 - 2.500	2.500 - 5.000	> 5.000
0 - 30	Amaranthus, aveia FMS 1, aveia FMS 2, aveia FMS 3, aveia preta	Milheto CMS 3	-
30 - 60	Quinoa, nabo forrageiro, niger, crotalária ochroleuca, guandu	Sorgo irati Milheto africano	Milheto BRS 1501 Milheto NPM 1 Sorgo preto

NOTA: A classificação do sorgo-preto e irati foi feita considerando a média de duas parcelas demonstrativas.

maiores produções de matéria seca e recuperação de N acima de 30 kg ha⁻¹.

Cabe assinalar que 90,4% da pluviosidade do período avaliado (176,5mm) ocorreu durante o mês de março.

No Quadro 3, pode-se observar a taxa de decomposição da matéria seca e o correspondente N liberado de algumas das culturas 94 dias após ter efetuado o manejo. Para as gramíneas (milhetos e sorgo) pode-se notar que as taxas de decomposição da matéria seca variaram de 0,0 até 6,1 kg ha⁻¹ dia⁻¹, com uma reduzida liberação do N reciclado. Cabe destacar a taxa de decomposição da crotalária ochroleuca (21,9 kg ha⁻¹ dia⁻¹), re-

presentando uma liberação de 28,0 kg ha⁻¹ de N reciclado durante o período avaliado, como seria esperado pela característica do material.

Embora se considere que o SPD deva ter pelo menos 50% da superfície do solo coberta com resíduos, não é raro encontrar áreas em que essa taxa de cobertura se aproxime de 100%. Igualmente importante é a distribuição dos resíduos sobre o solo que deve ser a mais uniforme possível. Dessa forma, maximizam-se os benefícios da cobertura do solo para o SPD. 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. O Quadro 4 mostra a evolução da taxa de cobertura de solo de algumas culturas comerciais após o início do período de chuvas. Verifica-se que existem espécies, como o milho, que proporcionam grande quantidade de resíduos e, comparativamente à soja, são mais persistentes sobre o solo. A leguminosa possui baixa cobertura e uma taxa de mineralização mais rápida, desaparecendo totalmente da superfície após os 90 dias. Este exemplo ilustra o comportamento entre gramíneas e leguminosas no que diz respeito a essas duas características. Demonstra também o aporte de resíduos pela cultura do milho que o habilita como uma das principais culturas em sistemas de rotação, especialmente sob plantio direto.

No Brasil, as regiões em que se pratica o SPD em maior escala podem ser divididas em duas grandes áreas, conforme as características de cada uma delas, de tal maneira que o padrão de SPD, semelhante dentro da região, apresenta variação marcante entre elas. Essas regiões são representadas na Figura 1 (p.57) numa tentativa de situar essas duas áreas. Uma delas é a Re-

QUADRO 3 - Decomposição da matéria seca e liberação do N-total de algumas culturas de safrinha aos 94 dias após o manejo, em Iraí de Minas (MG)

Parâmetros	Culturas de safrinha						
	Milheto CMS 3	Milheto BRS 1501	Niger	Crotalária ochroleuca	Sorgo preto	Milheto NPM 1	Sorgo irati
	20 dias após o manejo (05/10/99) ⁽¹⁾						
Matéria seca (kg ha ⁻¹)	3.043	2.108	1.527	3.546	2.558	1.891	2.761
N-total (kg ha ⁻¹)	21,3	15,4	23,5	58,2	26,1	22,5	28,4
	94 dias após o manejo (18/12/99) ⁽²⁾						
Matéria seca (kg ha ⁻¹)	2.567	1.830	1.297	1.837	2.233	1.771	2.813
N-total (kg ha ⁻¹)	18,0	13,4	20,0	30,2	22,8	21,1	28,9
Taxa de decomposição da matéria seca (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	⁽²⁾ 6,1	3,6	2,4	21,9	4,2	1,5	0,0
N liberado ao sistema (kg ha ⁻¹)	⁽³⁾ 3,3	2,0	3,5	28,0	3,3	1,4	0,0

(1) As matérias secas avaliadas foram da palhada menos os grãos para: milho CMS3, BRS 1501 e milho NPM-1 alto, Crotalária ochroleuca e sorgo irati roçados em 01/10/99, niger e sorgo preto roçados em 15/09/99. (2) Cálculo da taxa de decomposição: $(MS1 - MS2)/(t1 - t2)$, considerando as épocas em que foram efetivamente roçados menos a exportação dos grãos. (3) Cálculo da liberação de N: $(Nt - MS1) - (Nt - MS2)$, considerando as condições dos materiais assinalados anteriormente.

QUADRO 4 - Evolução da taxa de cobertura de solo proporcionada por culturas produtoras de grãos comerciais a partir do início do período de chuvas

Resteva	Número de dias após primeira chuva	Evolução da perda de matéria seca (kg ha ⁻¹)	Cobertura do solo (%)
Milho	30	7.500	82
	60	4.300	54
	90	2.800	30
	120	1.400	22
Arroz	30	6.200	85
	60	3.100	46
	90	2.200	38
	120	1.700	26
Soja	30	1.700	35
	60	540	16
	90	240	7
	120	-	-

FONTE: Seguy & Bouzinac (1992), citados por Landers, (1994?).

gião Sul acrescida da parte sul dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul e a outra situa-se, especialmente, na região dos Cerrados. Entre elas há uma faixa de transição que se pode enquadrar nos dois grupos, dependendo das condições climáticas do ano agrícola.

A Região Sul caracteriza-se por possuir um inverno úmido, no qual é possível implantar culturas adaptadas a essa condição, de forma que há alternativas diversificadas de sistemas de produção em que as culturas principais, produtoras em especial de grãos, são estabelecidas na primavera-verão e, no outono-inverno, faz-se o cultivo de plantas (cereais) produtoras de grãos, como é o caso do trigo ou de plantas de adubação verde para cobertura do solo. Exemplos da produção de fitomassa das principais espécies usadas no inverno para a produção de palhada são mostrados no Quadro 5. Verifica-se que existe uma grande variação na produção de fitomassa entre espécies para um mesmo local e também entre locais para uma mesma espécie. Essas variações são esperadas, conforme já foi mencionado, devido às condições de

adaptação de cada uma delas às variações do ambiente, da época de plantio, do solo e do manejo adotado. Existe também a possibilidade de cultivar espécies na primavera-verão, necessitando para isso alterar o sistema de cultivos. Nessa época, há bons rendimentos de fitomassa, conforme relatado por Ceretta et al. (1994), que obtiveram para algumas espécies de plantas de cobertura, plantadas em setembro, em Santa Maria (RS), as seguintes produções de fitomassa: feijão-de-porco 6,1 t ha⁻¹; crotalaria spectabilis 5,3 t ha⁻¹; guandu-anão 5,6 t ha⁻¹ e vegetação espontânea 3,8 t ha⁻¹. O feijão-de-porco foi a leguminosa que se destacou, pois permitiu um rendimento de grãos de milho em sucessão equivalente ao obtido com a aplicação de 130kg ha⁻¹ de N na presença da fitomassa das espontâneas. Outra opção é o milheto que, segundo Salton & Kichel (1998), na região abaixo de São Paulo e Sul do MS, pode ser semeado na primavera, com ocorrência das primeiras chuvas ou no outono, após a colheita da cultura de verão. Salientam ainda que nesta região é preferível o cultivo da aveia no outono, devido à ocorrência de geadas

QUADRO 5 - Produção de fitomassa seca (FS) de espécies de plantas de cobertura de inverno para as condições Sul do Brasil

Espécie	Pelotas RS ^(A)	Pato Branco PR ^(B)	Campos Novos SC ^(B)	Santa Maria RS ^(B)	Chapecó SC ^(B)	Vários locais PR ^(C)
	Fitomassa aérea (t ha ⁻¹)					
Leguminosas						
Ervilhaca	2,6 a 4,7	8,2	3,5	2,5 a 2,7	3,6	2,0 a 5,5
Tremoço	2,1 a 4,3	4,5	-	4,8 a 5,3	-	3,0 a 5,0
Trevo-vesiculoso	2,5 a 2,6	-	-	-	-	-
Chícharo	-	4,2	4,6	3,5 a 3,7	3,9	2,0 a 4,5
Ervilha forrageira	-	5,5	4,0	3,3 a 3,4	3,0	3,9 a 4,5
Gramíneas						
Aveia preta	5,1 a 8,9	6,0	2,9	3,8 a 4,3	7,7	2,5 a 7,0
Azevém	5,7 a 7,4	-	-	-	-	2,0 a 6,0
Centeio	4,2 a 9,6	-	-	-	-	2,0 a 4,5
Cevada	3,5 a 8,1	-	-	-	-	-
Triticale	4,6 a 11,0	-	-	-	-	-
Crucífera						
Nabo forrageiro	5,6 a 8,4	4,5	4,3	-	3,5	2,0 a 6,0

FONTE: (A) Gomes et al. (1997), (B) Dados básicos: Aita (1997) e (C) Dados básicos: Derpsch & Calegari (1992).

e maior produção de massa. Existe ainda em algumas áreas do país (PR, SP, GO, MT, MS e MG) o cultivo de uma segunda safra comercial denominada safrinha. A safrinha é plantada predominantemente com milho (na safra de 2000 foram plantados cerca de 2.500.000 ha deste cereal), sorgo, milheto e girassol. Nesta situação, o cultivo das plantas de cobertura, se ainda for necessário, é feito após a colheita da safrinha numa condição menos propícia. Muitas vezes o cultivo dessas plantas não é executado nestas condições.

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 o inverno seco inviabiliza a produção das culturas em condições de sequeiro.

Nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e parte do Nordeste, o clima é caracterizado por um inverno seco com encurtamento do fotoperíodo, o que dificulta o estabelecimento de plantas nesta época do ano. Desse modo, o estabelecimento de uma cobertura do solo com plantas semeadas para essa finalidade em março ou abril constitui-se no maior desafio para o SPD na região do Cerrado e regiões adjacentes. 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 de culturas é de fundamental importância como mecanismo para aumentar a taxa de cobertura do solo. O sistema 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, conforme já foi mostrado no Quadro 4. Dessa forma, plantas de cobertura devem ser introduzidas no sistema com vistas a aumentar a oferta de palha sobre a superfície. O modelo ideal de planta de cobertura para esta condição seria aquela

que apresentasse alta produção de fitomassa com alta taxa de absorção de nutrientes, especialmente N e fósforo (P), alta tolerância ao déficit hídrico, às pragas e às doenças, 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, em que uma irá procurar suprir a deficiência da outra em algum quesito, além de incrementar a diversificação da rotação e da sucessão de culturas.

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: o cultivo antecipado da cultura de cobertura; o cultivo na safrinha de uma cultura comercial e o cultivo de culturas de cobertura sem finalidade comercial imediata. Estes dois últimos sistemas dependem obviamente das condições climáticas da região. Conforme a época em que as espécies são plantadas há uma acentuada mudança no padrão de produção de fitomassa. Dados do Quadro 6 ilustram este comportamento (Amabile et al., 2000). Em Uberlândia (MG), foram conseguidas produções de 4 t ha⁻¹ para o nabo forrageiro semeado em março, sendo que as leguminosas, guandu, lab-lab e crotalária, não

superaram 3 t ha⁻¹ (Fontes, 1998). Recomenda que o plantio de plantas de cobertura seja efetuado até março, uma vez que os mais tardios afetam negativamente a produção das culturas. A produção de fitomassa seca do milheto e a conseqüente quantidade de nutrientes reciclados variam de acordo com as condições edafoclimáticas, época de semeadura e tempo de cultivo. Com menos de 60 dias, pode-se alcançar cerca de 5 t ha⁻¹, chegando a mais de 12 t ha⁻¹ aos 89 dias (Salton & Kichel, 1998). Em adição aos relatos anteriores, os resultados apresentados no Quadro 7 mostram o aporte de palha que pode ser conseguido pelo cultivo de plantas para cobertura de solo na região em foco.

Cultivo antecipado da cultura de cobertura

Este processo é conhecido regionalmente como plantio no pó, plantio no cedo ou plantio na poeira e é usado principalmente naquelas regiões onde o período chuvoso se inicia mais cedo. Neste sistema, busca-se antecipar o plantio da cultura de cobertura às primeiras chuvas, com vistas ao estabelecimento delas. O plantio pode-se dar em linha ou a lanço, com acréscimo em 30% na quantidade de sementes. O tratamento das sementes com inseticidas é recomendado. 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 retardar esse plantio com vistas à maior produção de fitomassa da cultura de cobertura. Geralmente, para a cultura principal,

QUADRO 6 - Produção de fitomassa seca de adubos verdes, em três épocas de semeadura

Espécie	Época de semeadura		
	12 de novembro	7 de janeiro	4 de março
	t ha ⁻¹		
Crotalária juncea	17,3	8,0	6,0
Guandu	12,7	11,1	5,8
Crotalária ochroleuca	8,8	17,3	4,4
Mucuna preta	3,5	12,7	4,0

FONTE: Dados básicos: Amabile et al. (2000).

QUADRO 7 - Produção de fitomassa seca da parte aérea de espécies de plantas de cobertura de solo para as condições de Minas Gerais e Goiás

Espécie	Uberlândia MG ^(A)	Senador Canedo GO ^(B) (1)	Sete Lagoas MG ⁽³⁾	Viçosa MG ^(C) (2)	Paraopeba MG ^(D)
	t ha ⁻¹				
Nabo forrageiro	4,0				
Guandu	< 3,0	9,9	2,9 a 7,2	17,9	
Lab-lab	< 3,0		0,7 a 5,7		
Crot. spectabilis	< 3,0				
Crot. juncea		10,4	6,1 a 12,8	16,1	6,8
Crot. ochroleuca		10,2			
Crot. paulina				5,1	
Mucuna preta		6,7	7,0	9,1	4,9
Feijão-de-porco			5,4 a 8,1	5,3	8,3
Feijão-bravo			7,3 a 10,5	7,4	5,2
Milheto			5,4 a 9,3		12,1
Sorgo de corte ⁽⁴⁾			6,5 a 7,3		
Sorgo forrageiro			3,9 a 21,6		

FONTE: (A) Fontes (1998), (B) Amabile et al. (2000); (C) Alvarenga et al. (1995) e (D) Bolívar Q. & Alvarenga (2000).

(1) Média de três épocas de plantio. (2) Plantas adubadas com 500 kg ha⁻¹ de 4-14-8. (3) Resultados médios de diversos ensaios realizados na Embrapa Milho e Sorgo. (4) Somatório de três cortes.

é dada preferência a cultivares de ciclo tardio, para que se mantenha por mais tempo, 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.

Cultivo em sucessão à cultura principal

Esta prática é usada quando não há chuvas suficientes para cultivo de uma cultura comercial. 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 chuva, para que elas se estabeleçam. Outro fator importante a ser considerado é a escolha da espécie, devendo ser dada preferência àquelas de maior tolerância ao déficit hídrico. Neste particular destacam-se o milheto e o sorgo dentre as gramíneas e o guandu dentre as leguminosas. Há uma expectativa

de que estas 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 da quantidade de palha não ser suficiente para proporcionar as condições mínimas para um adequado desenvolvimento do sistema.

Embora usado em menor escala, o sobresemeio mostra-se com uma possibilidade para tentar aumentar o aporte de palha ao solo. Ele consiste no lançamento das sementes ao solo, quando ainda existe outra cultura em estágio vegetativo na área. Esta prática, geralmente, tem sido feita na cultura da soja, quando esta se apresenta no período de enchimento dos grãos, usando principalmente o milheto, mas o sorgo é também usado e há outras espécies que se prestam a esta prática. Com isso, buscam-se a germinação e o estabelecimento das

plantas no período de maturação e pós-colheita da soja, quando ainda há umidade no solo. O consumo de sementes nesta modalidade é aproximadamente o dobro daquele utilizado no semeio em linha. Salton & Kichel (1998) e Fancelli (1997) recomendam para sobresemeadura em lavoura de soja de 30 a 40kg ha⁻¹ de sementes.

Cultivo de safrinha ou segunda safra

Em regiões onde as chuvas estendem-se por um período maior, haverá condições para que seja cultivada uma segunda cultura, visando principalmente à produção de grãos. Neste sistema, além da produção comercial, haverá oferta de quantidade apreciável de palha, que em muito incrementará a palhada total sobre a superfície do solo. Como a intensidade e a frequência das chuvas são incertas ao final do período, o nível tecnológico a ser adotado vai depender basicamente da época de plantio, pois quanto mais tarde, maior será o risco de frustração no rendimento. Por isso, muitas vezes, os investimentos são menores na tentativa de baixar os custos, o que leva a uma menor produção de palha. Muitas vezes o período de chuvas é curto e a disponibilidade de água para a cultura da safrinha torna-se insuficiente para uma produção comercial. Nestes casos, a cultura será utilizada apenas como fornecedora de palha ao sistema. A ocorrência de geada precoce também poderá resultar em perda da produção comercial, restando apenas a palhada para ser deixada na superfície do solo.

O êxito do agricultor com a cultura da safrinha depende de vários fatores. Sua programação começa com a escolha da cultura de verão, que deve ser de ciclo curto, e o plantio realizado o mais cedo possível. Isso permite que o plantio da safrinha possa ser realizado imediatamente após a colheita da safra de verão, em condições mais favoráveis, proporcionando maiores rendimentos de grãos e palhada. 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 am-

bientais para a sua produção. O Quadro 8 mostra uma série dessas possibilidades. A Embrapa Cerrados tem avaliado diferentes alternativas como culturas de cobertura e tem obtido resultados promissores com o *amarantus* e com a quinoa (*Chenopodium quinoa*) (Spehar e Teixeira, 2000 e Spehar et al., 2000).

Como já foi relatado, existem variações dos modelos apresentados 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. Nesta 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 é dependente 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 torna-se baixa, além de dar origem a uma palhada desuniforme.

Em grandes áreas do Brasil Central está sendo configurada, nos últimos anos, a necessidade de estabelecer um melhor

aproveitamento da época das águas. O produtor que aposta em safras mais produtivas, opta por cultivares normais ou tardias 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 cultivares precoces estará colhendo até o final de março, dificultando de igual forma o sucesso da cultura em sucessão, visando à formação de palhada e uma remota probabilidade de produção de grãos. Este quadro aponta para a sobressemeadura, por aviação agrícola, trâmpulo alto, e outras tecnologias que venham a ser aperfeiçoadas, 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 SPD é a rotação agricultura-pecuária, em que as pastagens, especialmente das braquiárias, têm-se mostrado bastante eficientes na manutenção da palhada e a produção de grãos, com seu aporte anual de fertilizantes e corretivos, mantêm altas as produtividades das pastagens.

Taxa de decomposição

Mesmo depois de estabelecido o SPD, o manejo global da área, visando, entre outras coisas, à manutenção de quantidade apreciável da palhada sobre o solo, é fundamental para que os seus benefícios possam ser continuados. A taxa de decom-

posição do material de cobertura depende da natureza do material vegetal, do volume deste sujeito a esse processo, da fertilidade do solo, do manejo da cobertura e das condições climáticas imperantes no local, representadas, principalmente, pela pluviosidade e temperatura, fatores que estão, por sua vez, afetando a atividade microbiológica do solo. Não se pode ignorar a atividade da mesofauna numa etapa inicial de degradação física do material, expondo maior superfície de contato ao ataque da biomassa microbiana, a qual nesta etapa passa a ter maior importância.

Essa quantidade de palha sobre o solo é regulada por dois fatores principais: pela relação C/N do material vegetal da palhada e pelo 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 esta característica, as plantas podem ser agrupadas em duas classes, uma de decomposição rápida (leguminosas) e a outra de decomposição lenta (gramíneas), sendo bem-aceito um valor de relação C/N próximo a 25 como referência na separação entre elas. As leguminosas, por imobilizarem nos seus tecidos o N da fixação biológica feita pelo rizóbio associado, possuem relação C/N próxima 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 nestas condições, torna-se uma atividade complexa e vai exigir conhecimento e experiência por parte daquele que pratica o SPD. O milho é um exemplo clássico, uma vez que apresenta relação C/N de 30 ou maior, estando na fase de emborrachamento/florescimento. Mas, no Cerrado, sua decomposição tem sido relativamente rápida, quando é manejado nesta época, dificultando o acúmulo de palha.

Existe um consenso de que nos primeiros anos da implantação do SPD deve ser dada preferência ao cultivo de gramíneas,

QUADRO 8 - Opções de espécies para cultivo em sucessão na safrinha

Safra normal (verão)	Safrinha (outono)
Soja ciclo normal	Milheto e aveia com limitação
Soja ciclo médio	Milho, trigo e feijão com limitações Sorgo, milheto, braquiária, aveia, nabo, niger, crotalária, guandu, girassol e mamona
Soja precoce	Feijão, trigo, milho, sorgo e tomate com alto potencial econômico
Milho normal	Milheto, braquiária e aveia com limitação
Milho precoce	Milho, sorgo, trigo, aveia, milheto, braquiária, feijão, girassol, guandu, crotalária, niger, nabo, mamona, tomate
Sorgo, milheto, aveia, braquiária, colômbia	Algodão

FONTE: Dados básicos: Ferreira (2000).

de relação C/N larga, para acelerar a formação da camada de palha. Em razão disso, maior atenção deve ser dispensada à adubação nitrogenada, pois vai haver maior imobilização deste nutriente pelos microrganismos do solo. Por isso, no plantio, há um maior gasto de adubo nitrogenado nesta situação até que seja atingido um novo equilíbrio de imobilização/liberação de N no solo. Entretanto, não se deve perder de vista a necessidade da rotação de culturas como mecanismo para facilitar o controle de plantas daninhas e prevenir a incidência de pragas e doenças.

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 à medida que a planta se desenvolve. Além do caso do milheto, já citado, com a aveia preta foi verificado que a relação C/N variou de 17-20 no estágio vegetativo, 41-50 na floração plena e foi superior a 70 na colheita (Igue et al., 1984). Em razão desta característica, o manejo das plantas de cobertura pode ser retardado ao máximo, visando dotar-lhe 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. Neste caso a safra principal deve ser priorizada.

O manejo pós-dessecação ou sem dessecação das plantas também é importante, pois pode dar condições a uma decomposição mais rápida. O ideal seria aguardar o tombamento natural das plantas, o que evitaria uma operação de trânsito na área. Entretanto, raramente isso será possível, quando se possui um cronograma de atividades em seqüência. Daí, a melhor opção é fazer a rolagem dessas plantas, de preferência deitadas 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 o produto deve ser do maior tamanho possível. Em adição a isto, 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.

Em estudo realizado por Lara Cabezas (1999), num balanço global de decomposição entre a cultura da soja e do milho, abrangendo dois verões e uma estação de outono-inverno, foram decompostos da superfície do solo em média 10,1 t ha⁻¹ de matéria seca de cobertura, considerando-se a adição das culturas de inverno. O solo teria ficado sem cobertura na ausência das culturas de inverno. Cabe assinalar que, durante o ciclo do milho, as taxas de decomposição sobre os tratamentos em estudo foram inferiores a 15kg ha⁻¹ dia⁻¹, evidenciando-se a dificuldade da decomposição do material residual, que nesta fase seria resistente. Neste tipo de estudos, deve-se incrementar a qualidade da pesquisa, acompanhando-se a variação da relação C/N dos materiais em decomposição, teor de lignina, celulose e hemicelulose etc., e a composição de nutrientes para começar a entender o potencial das culturas sob o ponto de vista reciclador de nutrientes. Outro parâmetro que deve acompanhar estes estudos é um indicador da atividade da biomassa do solo (CO₂ evoluído, biomassa C e N, atividade enzimática etc.), que permita correlacionar mais estreitamente a

relação substrato e biomassa e modelar a velocidade de decomposição de complexas misturas submetidas à decomposição.

Acúmulo de nutrientes

A palha deixada sobre a superfície do solo acumula quantidades apreciáveis de nutrientes e estes estarão temporariamente indisponíveis às plantas em crescimento. O tempo de duração deste ciclo até que ele retorne ao solo deve-se às características das plantas que deram origem a essa palhada e ao seu manejo. Assim, é previsível um maior gasto com fertilizantes durante a fase de formação da camada de palha sobre o solo, pois estes estarão presos a ela e a taxa de liberação é baixa. Na fase de manutenção da cobertura, alcança-se um equilíbrio no ciclo de imobilização e liberação dos nutrientes. As leguminosas nesta 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 a longo prazos. 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 (Igue et al., 1984).

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 disso, é o caso do guandu que, devido à reação ácida de suas raízes, é capaz de absorver P do solo, anteriormente não-disponível e que depois da decomposição da sua fitomassa retorna ao solo numa forma orgânica, facilmente assimilável pelas plantas cultivadas (Ae et al., 1991, citados por Alvarenga, 1993).

As culturas comerciais também são afetadas pela palhada da cultura anterior. Gramínea na sucessão de gramínea é um caso típico que apresenta problemas nutricionais, especialmente em relação a N. Sá (1996) observou que o milho cultivado sobre palha de aveia mostrou uma carência de N na fase inicial de crescimento, causando sintomas de amarelecimento nas folhas. Este fato foi atribuído à imobilização do N

do fertilizante pelos microrganismos. Quando foi adicionado 30kg ha⁻¹ de N no plantio este sintoma de deficiência desapareceu. Por outro lado, o cultivo do milho após ervilhaca (leguminosa) produziu 7% a mais do que quando cultivado após aveia preta (gramínea) (Igue et al., (1984).

Não hospedeira de pragas e doenças

Resultados de pesquisa demonstram também que é possível selecionar plantas de cobertura como estratégia ao controle de algumas doenças. Derpsch & Calegari (1992) relatam que a 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 do mal-do-pé. Além disso, contribui para a redução da população de nematóides na cultura da soja. Em Primavera do Leste, MT, observou-se que o milheto em dois cultivos, um no final de ciclo, após a soja, seguido de um outro no início das chuvas, antes da soja do ano seguinte, controlou o nematóide de cisto da soja (Séguy & Bouzinac, 1995),

Em função dos resultados apresentados e de muitas outras experiências relatadas por agricultores e pesquisadores, em diferentes regiões do Brasil, sabe-se que é possível alterar a seqüência das espécies de plantas de cobertura, para que se busque um menor nível de incidência de pragas e doenças a elas.

Características de manejo

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 passem a fazer parte da camada de palha na superfície do solo. Conforme foi dito anteriormente, é desejável que as plantas de cobertura sejam picadas o menos possível, para que o processo de decomposição não seja acelerado. O ideal mesmo é que elas permaneçam inteiras sobre a superfície do solo.

Dependendo da época em que as plantas de cobertura estiverem sendo culti-

vadas poderá haver um melhor método para o manejo delas. Quando 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 seu crescimento, de tal forma que os métodos mecânicos de manejo têm baixa eficiência nesta época, devido principalmente à característica de rebrote rápido da maioria das espécies. Além disso, necessita-se ganhar tempo nesta etapa para não prejudicar a cultura seguinte que é a principal. A cultura dessecada pode ser deixada em pé ou tombada com equipamento apropriado. Experiências realizadas na Embrapa Milho e Sorgo mostraram que não há perda na qualidade do semeio da soja, do milho ou do feijoeiro, quando realizado após o manejo da cultura do milheto ou do sorgo de pastejo mantida em pé e que, na operação de semeio, grande parte dela já está deitada sobre o solo. A queda natural das plantas que permaneceram em pé, não prejudicou, 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, com o uso de métodos mecânicos para eliminar o desenvolvimento vegetativo das plantas. Especialmente para as condições do Cerrado, onde o desenvolvimento vegetativo das plantas é praticamente paralisado nesta 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 destes equipamentos seja realizado antes que as plantas comecem a produzir sementes viáveis. Há produtores que as deixam produzir e não fazem o manejo nesta época, deixando esta 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 daquelas espontâneas, podendo ser necessário primeiramente um manejo mecânico para poten-

cializar o efeito do manejo químico. Este deve ser feito dias mais tarde, assim que houver área foliar suficiente.

Supressão de plantas daninhas e alelopatia

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, o que dificulta o crescimento inicial das plântulas. Outras possibilidades são os efeitos alelopáticos oriundos da decomposição da fitomassa ou exsudação das raízes, os quais liberam substâncias que vão exercer algum tipo de efeito inibitório nas sementes, o que impede a germinação delas, ou nas plantas, interferindo em algum processo do seu desenvolvimento. Assim, o crescimento torna-se retardado ou paralisado havendo casos em que ocorre a morte da planta. Em culturas de verão como soja, feijão e milho, semeadas no SPD sobre coberturas mortas densas, de lenta decomposição e com ação alelopática, há possibilidade de reduzir ou até mesmo dispensar o uso de herbicidas (Almeida, 1988).

Diversos trabalhos de pesquisa demonstraram o efeito alelopático de várias espécies de plantas de cobertura de inverno sobre as plantas daninhas. Restos culturais de aveia, centeio, nabo forrageiro e colza são os que, após a colheita, deixaram o terreno mais limpo de plantas daninhas (Almeida et al., 1985, citados por Floss, 2000). Em área de plantio direto, com elevada palhada de aveia, poderão ocorrer falhas no estabelecimento do milheto, provavelmente pelos efeitos alelopáticos da palha da aveia, entre outros fatores (Salton & Kichel, 1998).

Ao efeito físico também é atribuído papel importante no controle de plantas espontâneas. Fornarolli et al. (1998) observaram que as coberturas mortas influenciaram na redução da população da *B. plantaginea*, pois, onde havia quantidade de 9,0 t ha⁻¹ de cobertura e não foi aplica-

do o herbicida, ocorriam cinco plantas/m², quando a quantidade era de 4,5 t ha⁻¹, havia 20 plantas/m² e, em solo desprovido de cobertura, em torno de 700 plantas/m². Trabalho semelhante foi desenvolvido por Oliveira et al. (2001), cujos resultados são mostrados no Gráfico 3. Verificaram que a população total de plantas daninhas foi afetada significativamente pelos níveis de palha, independente da presença do herbicida e da época de avaliação. Para cada tonelada de palha adicionada, houve um controle de, aproximadamente, 4,0% no total de invasoras.

O efeito físico ou alelopático das plantas de cobertura sobre as espontâneas é percebido durante o período de desenvolvimento. Nesta situação, a ação alelopática é específica sendo que Lorenzi (1984), Medeiros (1989) e Takabayashi & Velini (1997) verificaram esse efeito em plantas de cobertura, especialmente nas leguminosas como a mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), exercendo forte e persistente ação inibitória sobre plantas daninhas. Segundo Barreto et al. (1997), o feijão-de-porco apresenta alta eficiência de controle na população de invasoras, mesmo em adensamentos reduzidos. Favero et al. (2000) verificaram também que o feijão-de-porco é eficiente no abafamento de invasoras no início do ciclo; o feijão-bravo depois de plenamente estabelecido, ao

passo que a mucuna preta é eficiente do início ao fim do ciclo.

A população das plantas daninhas é reduzida à medida que as plantas de cobertura se desenvolvem (Gráfico 4, p.57). Dentre aquelas espécies menos eficientes no controle de invasoras estão enquadradas a crotalária, o sorgo e o milheto. O milheto, apesar de ter apresentado alta taxa de crescimento, não mostrou a mesma eficiência na supressão das invasoras. Estas plantas de cobertura possuem crescimento subarborescente ereto, o que as diferenciam daquelas de hábito de crescimento rasteiro indeterminado ou herbáceo prostrado, que foram as que impuseram maior controle das invasoras. Esses resultados mostram que as plantas que possuem crescimento rasteiro indeterminado e crescem seus caules e folhas mais próximos ao solo, tais como as espécies mucuna preta, feijão-de-porco e feijão-bravo, oferecem maior pressão de controle sobre as plantas daninhas, uma vez que apresentam maior capacidade de abafamento e agressividade, diminuindo a sua população, devido à competição por fatores de crescimento, especialmente luz (Bolivar Q. & Alvarenga, 2000).

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 elas. Além disso, o sistema

radicular ficará mais bem distribuído no volume de solo, melhorando, entre outras coisas, a rede de canalículos após a sua decomposição, desempenhando 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.

Agregação de valor

Embora seja inquestionável a importância da palha para o SPD, 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 implantação e manejo das plantas de cobertura, oneram o custo do sistema como um todo. Muitas vezes, estas espécies são de baixo valor comercial, servindo apenas como plantas para formação de palhada. Daí, é de grande importância que seja agregado valor a estas 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. Mais recentemente, verificou-se que a integração agricultura pecuária poderá viabilizar o plantio direto em muitas regiões, principalmente, pelo uso de plantas forrageiras como as braquiárias, que apresentam um grande potencial de produção de fitomassa, além de elas serem componentes essenciais de sistemas de produção de diferentes regiões do Brasil Central.

Ainda sob este aspecto, espécies que apresentam crescimento rápido e rebrota destacam-se uma vez que poderão ser utilizadas numa primeira etapa como forragem e, depois da rebrota, serem manejadas para formar palha. Cabe ainda ressaltar que deve-se ter cuidado durante o pastejo dessas áreas a fim de que a compactação seja evitada. A utilização racional neste sistema integrado deve levar em conta que primeiramente deverá haver uma camada de palha já formada para, só depois, as plantas serem utilizadas como forragem.

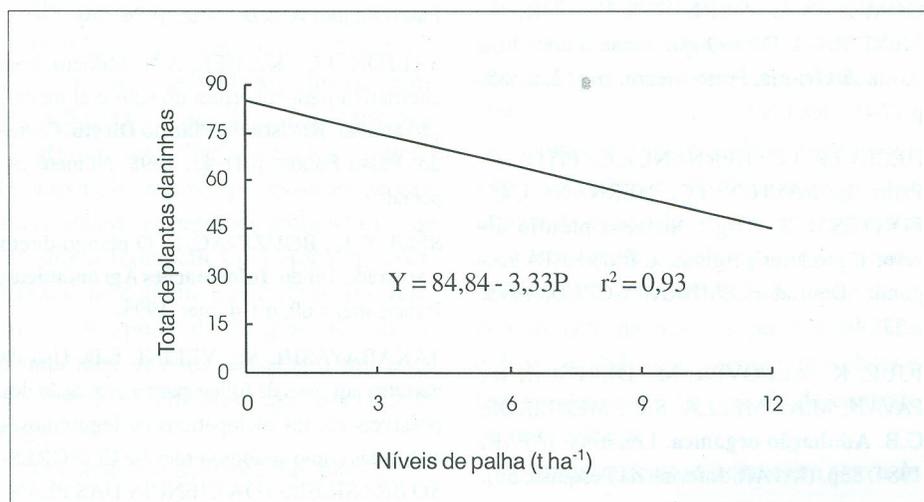


Gráfico 3 - Efeito dos níveis de palha (P) sobre o número total de plantas daninhas - Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas (MG) 1999

FONTE: Oliveira et al. (2001).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, R.A.C. **Adaptação de espécies para produção de grãos, proteção do solo e diversificação do sistema produtivo**. 1998. 62f. Monografia (Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- AITA, N. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coord.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: UFSM, 1997. p.76-111.
- ALMEIDA, F.S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 62p.
- ALVARENGA, R.C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ; COSTA, L.M. da; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.175-185, fev. 1995.
- AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; CARVALHO, A.M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.47-54, jan. 2000.
- BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F.; EMÍDIO FILHO, J. Produtividade de leguminosas para adubação verde em diferentes densidades de plantio a lanço, em solo de tabuleiros costeiros de Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.
- BOLIVAR Q., Y.; ALVARENGA, R.C. Potencial de plantas de cobertura para recobrimento do solo e supressão de plantas daninhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: SBMS, 2000. 1 CD-ROM.
- CERETTA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A.; SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.2, p.215-220, maio/ago. 1994.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. 2.ed.rev.ampl. Londrina: IAPAR, 1992. 78p. (IAPAR. Circular, 73).
- FANCELLI, A.L. Barreiras: desafios do PD. **Direto no Cerrado**, Goiânia, ano 2, n.4, jan./mar. 1997.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C.; NEVES, J.C.L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, 171-177, 2000.
- FERREIRA, S. Importância da safrinha na rotação de culturas. **Direto no Cerrado**, Goiânia, ano 4, n.15, p.18-19, 2000.
- FLOSS, E.L. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. **Revista do Plantio Direto**, Passo Fundo, p.25-29, 2000.
- FONTES, F.A. **Desempenho de culturas forrageiras alternativas para o sistema plantio direto no cerrado**. 1998. 46f. Monografia (Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- FORNAROLLI, D.A.; RODRIGUES, B.N.; LIMA, J. de; VALÉRIO, M.A. **Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO DA PALHA, 6., 1998, Brasília. **Resumos...** Disponível em: <<http://www.agri.com.br/6enpdp/resumos/fornarolli.htm>>. Acesso em: 20 set. 2000
- GOMES, A.S.; VERNETTI JÚNIOR, F.; SILVEIRA, L.D.N. O que rende a cobertura morta. **A Granja**, Porto Alegre, ano 53, n.588, p.47-49, dez.1997.
- HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z. (Org.). **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p.37- 49.
- IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M.A.; MELLA, S.C.; MEDEIROS, G.B. **Adubação orgânica**. Londrina: IAPAR, 1984. 33p. (IAPAR. Informe da Pesquisa, 59).
- LANDERS, J.N. **Fascículos de experiências de plantio direto no Cerrado**. Goiânia: APDC, [1994?]. 261p.
- LARA CABEZAS, W.A.R. **Efeito ambiental e do manejo nas transformações de N em sistema de plantio direto**. Uberlândia, 1999. 280p. Projeto. Relatório nº 1 apresentado a FAPEMIG.
- ; SCALÉA, M.; LANDERS, J.N.; SPEHAR, C.R. **Adaptação de espécies para produção de grãos, proteção do solo e diversificação do sistema produtivo**. Uberlândia, 2000. 45p. Projeto. Relatório final de atividades apresentado à Monsanto do Brasil, Ltda.
- LORENZI, H. Inibição alelopática de plantas daninhas. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984, p.183-198.
- MEDEIROS, A.R.M. de. **Determinação de potencialidades alelopáticas em agroecossistemas**. 1989. 92f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- OLIVEIRA, M.F. de; ALVARENGA, R.C.; OLIVEIRA, A.C. de; CRUZ, J.C. Efeito da palha e da mistura atrazine + metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.37-41, jan. 2001.
- RESENDE, W. G. **Efeito da época de semeadura de três leguminosas e três gramíneas forrageiras de inverno para produção de matéria seca e avaliação da cobertura morta em sistema de plantio direto**. 1985. 40f. Monografia (Agronomia).
- SÁ, J.C. de M. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24p.
- SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto, uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista do Plantio Direto**. Cerrado: Passo Fundo, p.41-43, 1998. Número especial.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. O plantio direto no cerrado úmido. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.69, p.1-4, mar. 1995.
- TAKABAYASHI, M.; VELINI, E.D. Uso de extratos aquosos de folhas para a avaliação dos possíveis efeitos alelopáticos de leguminosas utilizadas como adubos verdes In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira de Plantas Daninhas, 1997. p.444.