

# Adubação verde e rotação de culturas

Carlos Alberto Vasconcellos <sup>1/</sup>  
Edson Bolívar Pacheco <sup>2/</sup>

Denomina-se adubo verde a planta cultivada com a finalidade de elevar o potencial produtivo de um solo através do enterrio de massa vegetal produzida no local ou importada de áreas vizinhas.

O adubo verde, como mencionado por diversos pesquisadores e, mais recentemente, resumido por Miyasaka (1983), era uma prática empregada alguns séculos antes de Cristo para melhorar a produtividade do solo. No Brasil, Neme (1934) apresentou um trabalho indicativo de leguminosas para adubos verdes e forragens.

Apesar dos benefícios apresentados pela adubação verde, não se pode afirmar que ela esteja amplamente disseminada entre os produtores brasileiros, exceto por experiências isoladas e localizadas, como as apresentadas por Kage (1984) e Freitas (1984).

Dentre os vários fatores que poderiam estar limitando a adoção desta prática, pode-se mencionar o fato de o agricultor não suportar economicamente um ano agrícola sem o retorno imediato do capital empregado. Neste caso, deixa-se de plantar para colheita de grãos e investe-se no plantio da leguminosa. Vieira (1961) ressaltou esta problemática e propôs o plantio da leguminosa intercalado à cultura do milho, alicerçado em resultados de pesquisa e em outros trabalhos como os de Brandão (1940) e São José (1939).

O uso de mucuna-preta em rotação, por exemplo, pode ser adequado em solos que apresentam baixas produtividades, por estarem depauperados ou com problemas de nematóides. Por outro lado, como demonstrado por diferentes pesquisadores (Mascarenhas et al 1978; Gallo et al 1981; Cruz 1982 e Vasconcellos 1984), a rotação de culturas com produção de grãos acarreta aumentos de produtividade e benefícios físico-químicos, similares àqueles obti-

dos pela incorporação dos adubos verdes ao solo, favorecendo, inclusive, o estabelecimento de micorrizas que justificam os aumentos de produção (Aguar & Vandiest 1981).

Tendo-se, portanto, comprovada a tecnologia da adubação verde, há necessidade de recomendá-la como opção econômica aos diferentes estratos da agricultura nacional.

## ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO EM GRAMÍNEAS

De um modo geral pode-se semear a leguminosa intercalada ao milho desde os 30 dias após sua germinação até sua colheita, dependendo das condições de umidade da região. De modo simplificado, podem-se abordar dois sistemas de plantio de leguminosas intercalar ao milho: para produção de sementes de leguminosa e de massa vegetal. No primeiro caso, as leguminosas são plantadas mais cedo; no segundo, mais tardio.

No caso de plantio intercalar, podem-se usar leguminosas anuais ou perenes. O uso de leguminosas anuais apresenta o inconveniente do plantio anual e a dependência de sementes; já o de leguminosas perenes poderia solucionar este problema, melhorando, ainda, a qualidade da palhada residual para alimentação animal.

No Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - CNPMS, Pacheco & Oliveira (1980) estudaram o efeito de diferentes leguminosas perenes e níveis de nitrogênio no sistema convencional de preparo do solo e em plantio direto. As leguminosas foram implantadas no primeiro ano de ensaio, e os resultados estão resumidos no Quadro 1. Observou-se que grande parte do nitrogênio utilizado pela cultura do milho pode ser fornecido pelas leguminosas, implicando em redução nos gastos com fertilizantes, principalmente com o emprego da *Galactia striata* e do siratro. Após o terceiro ano desse ensaio, ficou evidenciado o

QUADRO 1 - Produção de Milho com Leguminosas Perenes. CNPMS. Solo LE; Média de Dois Anos

Leguminosa	Nível de N (t/ha)			$\bar{X}$
	0	40	80	
Centrosema	3,1	3,5	3,7	3,4
Galactia	3,2	3,6	4,0	3,6
Siratro	3,1	3,9	4,0	3,7
Soja Perene	2,1	2,9	3,6	2,9
Testemunha	1,8	3,0	3,0	2,6

efeito do preparo de solo no estabelecimento das leguminosas, sendo que, no preparo convencional, todas as leguminosas foram praticamente extintas.

Com relação à leguminosa anual, Vieira (1961) avaliou, em cinco anos, diferentes leguminosas. Os resultados médios indicaram que a mucuna intercalar ao milho promoveu um aumento de 21% em relação à testemunha (4.400 kg/ha), seguindo-se o feijão-de-porco (15%) e ervilha-de-vaca (10%). O guandu apresentou resultado idêntico à testemunha. Apesar de estes resultados médios apresentarem o benefício da leguminosa intercalar, ele foi dependente do ano.

Biegas et al (1960 a) indicaram que, de um modo geral, o efeito da intercalação da mucuna é excelente em solos com cultivos contínuos; entretanto, em solos que permaneceram em pousio por vários anos, este efeito foi variável e, por vezes, muito pequeno. Em outro trabalho, Viegas et al (1960 b) demonstraram que a incorporação da mucuna praticamente não modificou as características químicas estudadas.

Dentre outras pesquisas demonstrando o efeito benéfico, aumentando a produtividade de diversas culturas, pode-se mencionar o trabalho de Muzzilli et al (1983) no qual a adubação verde com trevo-branco é uma alternativa recomendada para recuperar a capacidade produtiva do solo degradado pelo uso intensivo e reduzir os gastos

<sup>1/</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D. - Pesq./EMBRAPA/CNPMS - Caixa Postal 151 - 35.700 Sete Lagoas-MG.

<sup>2/</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc. - Pesq./EMBRAPA/CNPMS - Caixa Postal 151 - 35.700 Sete Lagoas-MG.

com fertilizante nitrogenado no milho. Nesta situação, a adubação verde entra em sucessão à cultura, com prejuízos apenas para áreas onde se efetuará a sucessão com culturas produtoras de grão. Este sistema tem sido muito usado no sul do país, onde o clima o permite.

Trabalhos do CNPMS (Quadros 2 e 3) permitem inferir um aumento médio de produtividade de milho em 26% com a rotação soja-milho, entre tratamentos com e sem fosfato natural e em relação ao cultivo contínuo.

Por outro lado, apesar de as quantidades de nutrientes incorporadas e recicladas pelos restos culturais serem maiores com os resíduos de mucuna (Quadro 3), o aumento da produtividade não foi superior àquele obtido com a rotação.

Mais recentemente Vasconcellos et al (1986) verificaram que a rotação soja-milho e mucuna-milho promoveu maior aumento de peso de plantas de milho e maior quantidade de raízes abaixo de 30 cm de profundidade em relação ao milho contínuo e milho com mucuna intercalar. A rotação soja-milho propiciou uma melhor distribuição de bases nas camadas mais profundas do solo, aumentando a saturação de cálcio. Houve, nas áreas com rotação mucuna-milho, maiores teores de potássio, cálcio e magnésio, em relação aos demais sistemas (soja-milho, milho contínuo e milho após milho + mucuna intercalar).

Russel (1950), menciona o por Kakde (1965), conclui que o sucesso da adubação verde em diferentes partes do mundo tem como causa principal o aumento da "disponibilidade" de nutrientes e não o aumento do teor de húmus do solo. Além do fornecimento do nitrogênio pela decomposição da matéria orgânica, há aumento de outros nutrientes, componentes da massa incorporada e/ou da matéria orgânica nativa. Neste pormenor, deve ser mencionado o trabalho de Hallan & Bartholomeu (1953) no qual os autores demonstraram, em três diferentes solos, que a adição de resíduos de soja e de milho ao solo favoreceu uma maior perda da matéria orgânica nativa do solo. Os dados obtidos por Bingeman et al (1953) indicaram que diferentes resí-

QUADRO 2 – Efeito de Diferentes Manejos de Culturas sobre a Produtividade de Milho em LEF, Fase Cerrado; CNPMS, Sete Lagoas, MG

Milho após	Sem Fosfato Natural		Com Fosfato Natural <sup>1/</sup>	
	kg/ha	Prod. Rel. (%)	kg/ha	Prod. Rel. (%)
Mucuna	3.150	111	4.000	114
Milho + mucuna intercalar	2.950	104	3.283	94
Soja	3.667	129	4.317	123
Milho	2.845	100	3.500	100

<sup>1/</sup> Aplicação de 1.500 kg de fosfato-de-araxá/ha, a lanço, no 1º ano de ensaio.

QUADRO 3 – Incorporação e Reciclagem de Nutrientes por Diferentes Resíduos Culturais

Cultura	Massa Seca kg/ha	Nutrientes – kg/ha				
		N	P	K	Ca	Mg
Mucuna <sup>1/</sup>	5.130	118	8	66	44	9
Mucuna <sup>2/</sup>	3.670	84	6	47	31	7
Milho <sup>1/</sup>	3.950	22	2	15	13	6
Milho <sup>2/</sup>	3.260	18	2	13	11	5
Soja <sup>1/</sup>	3.550	31	2	19	23	9
Soja <sup>2/</sup>	3.030	26	1	16	19	8
Milho + Mucuna Intercalar <sup>2/</sup>	4.440	48	3	15	22	8

<sup>1/</sup> Com 1.500 kg/ha de fosfato-de-araxá (correção).  
<sup>2/</sup> Sem fosfato natural.

QUADRO 4 – Evolução do Carbono do Solo em Função da Adição de Diferentes Resíduos Vegetais

Tratamento (Resíduo)	Perda de Carbono	Adição de Carbono	Balanço	Dias de Incubação
Testemunha	878	—	878	98
Trigo	1.523	1.000	523	98
"Rye grass"	1.491	1.000	491	98
Testemunha	465	—	465	70
Alfafa	1.119	953	166	70

FONTE: Bingeman et al (1953).

## Manejo do Solo

duos adicionados ao solo não forneceram aumentos do C no solo, entretanto, com a adição destes resíduos, houve uma menor perda de carbono (Quadro 4).

Com o trabalho de Plice (1950) resumindo resultados de 16 anos com adubação verde e demonstrando efeitos degradativos na capacidade produtiva do solo, podem-se avaliar as contradições quanto aos benefícios da prática da adubação verde, principalmente no que se refere à cultura do milho. Dessa forma, é necessário que melhor se avaliem os efeitos físicos, químicos e biológicos do solo, quando se envolve a incorporação de resíduos vegetais. Para a cultura de arroz (Quadro 5), também são demonstradas a variabilidade da resposta da adubação verde e a necessidade de estudos mais detalhados, inclusive quanto ao aspecto econômico. Apenas em Pindorama, pode-se verificar o efeito da leguminosa em aumentar a produção total de arroz. No experimento realizado em Campinas, é possível verificar o efeito da adubação verde apenas por safra de arroz. Todavia, deve ser ressaltado que, com a leguminosa, o produtor deixa de receber capital por um ou dois anos.

### ADUBAÇÃO VERDE EM CULTURAS PERENES

No Quadro 6 estão apresentados os dados obtidos por Gallo & Rodrigues (1960). Os resultados demonstraram haver maior produção de laranjas através

do emprego de cobertura morta. O uso das leguminosas (mucuna ou guandu) também aumentou as produções de laranja, apesar de serem aumentos menores do que o obtido com cobertura morta. Apesar disso, a adubação verde é uma técnica possível de ser recomendada para a citricultura. Entretanto, Lazzarini et al (1975) observaram que a adubação verde não contribuiu para aumentar a produção do cafeeiro.

QUADRO 6 – Rendimento Total de Laranjas em Quatro Anos de Colheita (64 Plantas), Estação Experimental de Limeiras, SP		
Tratamento	kg	Produção Relativa (%)
Limpo com herbicida	10.423	100
Cobertura morta/capim	21.429	206
Limpo + mucuna intercalar	15.589	150
Limpo + guandu intercalar	12.704	122

FONTE: Lazzarini et al (1975) – Adaptado.

### CONCLUSÕES

Os benefícios que a adubação verde acarreta para aumentar a produtividade agrícola e promover melhorias nas condições físico-químicas do solo são, por

vezes, contraditórios. Todavia, na maioria dos casos há benefícios de inegável qualidade, como no controle de nematóides através de leguminosas específicas e no aumento da produtividade de diversas culturas. Foi enfatizado que a rotação de cultura promove benefícios análogos ao da adubação verde, sem contudo implicar na descapitalização do produtor. A pesquisa ressen-te-se de dados econômicos que possam indicar ao produtor diferentes tipos de rotação de culturas, inclusive a adubação verde.

Aliado a esse aspecto, é notória a falta de estudos básicos para se avaliar as alterações físicas, químicas e biológicas de um solo sob estes diferentes tipos de rotação.

### REFERÊNCIAS

- AGUIAR, S.A. & VANDIEST, A. Rock-phosphate mobilization induced by the alkaline uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. *Plant & Soil*, 61: 27-41, 1981.
- BINGEMAN, C.W.; VARNER, J.E. & MARTIN, W.P. The effect of the addition of organic materials on the decomposition of an organic soil. *Soil Sci. Soc. Proc.* 18: 34-8, 1953.
- BRANDÃO, S.A. Adubação verde. *Revista Ceres*, 1: 483-95, 1940.
- CORREA, D.M.; GERMEK, E.B. & MIRANDA, H. Ensaio de rotação de guandu-arroz. In: RELATÓRIO da Seção de Cereais e Leguminosas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1948. (não publicado).
- CRUZ, J.C. Effect of crop rotation and tillage systems on properties, root distribution and crop production. West Lafayette, Purdue University, 1982. 220 p. (Tese Ph.D.).
- FREITAS, L.M.M. Aspectos práticos da adubação verde: problemas alternativos. In: ADUBAÇÃO verde no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1984. p. 161-72.
- GALLO, J.R. & RODRIGUES, O. Efeitos de algumas práticas de cultivo do solo na nutrição mineral dos citros. *Bragantia*, Campinas, 19: 345-60, 1960.
- GALLO, P.B.; LAVORENTI, A.; SAWASKI, E.; HIROCE, R. & MASCARENHAS, H.A.A. Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 5: 64-7, 1981.

QUADRO 5 – Produção Total de Arroz de Sequeiro em Três Anos de Ensaio com Diferentes Seqüências de Cultura

Seqüência Anual de Cultivares	Local			
	Pindorama		Campinas	
	Sem 1/	Com	Sem	Com
1. Arroz-arroz-arroz	2.752	4.087	2.025	3.216
2. Guandu-arroz-guandu	1.783	1.600	989	2.193
3. Guandu-arroz-arroz	3.223	2.792	2.462	3.110
4. Guandu-guandu-arroz	3.750	2.541	1.548	1.525

1/ Com e sem adubação química.  
FONTE: Correa et al (1948).

## Manejo do Solo

HALLAN, M.J. & BARTHOLOMEU, W.V. Influence of rate of plant residue addition in accelerating the decomposition of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Proc.*, **18**: 365-8, 1953.

KAGE, H. Prática da adubação verde na Alta Mogiana, em São Paulo e Minas Gerais. In: *ADUBAÇÃO verde no Brasil*. Campinas, Fundação Cargill, 1984. p. 129-32.

KAKDE, J.R. Hartening decomposition of incorporated green manure. *Indian J. Agron.*, **10**: 443-6, 1965.

LAZZARINI, S.; MORAES, F.F. de; CERVELINI, G. da S.; TOLEDO, S. de; CONAGUIREDO, I.I. de; REIS, A.J.; CONAGIN, A. & FRANCO, C.M. Cultivo de café em Latossolo Vermelho-amarelo da região de Batatais. *Bragantia*, **34**: 229-39, 1975.

MASCARENHAS, H. A. A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C. de; POMMER, C.V. & SAWASAKI, E. Efeito do nitrogênio residual de soja na produção do milho. Campinas, Instituto Agrônomo, 1978. 16 p. (Boletim Técnico, 58).

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A. de; CAVALERI, P.A.; GODOY, I.J. de; CURI, S.M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; CERVELINI, G. de S. & BULISANI, E.A. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no estado de São Paulo. Campinas, Fundação Cargill, 1983.

MUZZILI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C. & TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, **18**(1): 23-7, 1983.

NEME, N.A. *Leguminosas para adubos verdes e forragens*. São Paulo, Divisão de Fomento Agrícola, 1934. 5 p. (Boletim, 3).

PACHECO, E.G. & OLIVEIRA, A.C. de. Efeitos da adubação verde com leguminosas perenes e do preparo do solo sobre a produção de milho. In: *REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO*, 13., Londrina, 1980. *Coletânea de resumos*. . . Londrina, PR. 1980. p. 125.

PLICE, M.J. Effects of sixteen years of green manuring on the fertility of KIRKLAND silt loam soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **15**: 238-9, 1950.

SÃO JOSÉ, A.A. O milho: como produzi-lo

melhor e mais barato. *Revista Ceres*, **1**: 141-63, 1939.

VASCONCELLOS, C.A.; PACHECO, E.B.; CRUZ, J.C. & FRANÇA, G.E. de. Adubação verde nas culturas do milho e do sorgo. In: *ADUBAÇÃO verde no Brasil*. Campinas, Fundação Cargill, 1984. p. 18-29.

VASCONCELLOS, C.A.; SANS, L.M.A.; PACHECO, E.B. Influência da rotação de culturas no sistema radicular do milho e em algumas características químicas de um Latossolo Vermelho-escuro Distrófico da região de Sete Lagoas. In: *CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO*, 16., Belo Horizonte, 1986. *Resumo* . . . Sete Lagoas, EMBRAPA/

CNPMS, 1986. p. 99.

VIEGAS, G.P.; FREIRE, E.S. & FRAGA JÚNIOR, C.G. Adubação do milho. XVI. Ensaios com mucuna intercalada e adubos minerais. *Bragantia*, **19**: 909-41, 1960 a.

VIEGAS, G.P.; GARGANTINI, H.; FREIRE, E.S. Adubação do milho. XIII. Efeitos da mucuna, do calcário e de outros adubos sobre as propriedades químicas do solo. *Bragantia*, Campinas, **19**: 91-100, 1960 b.

VIEIRA, C. Efeito da adubação verde intercalada sobre o rendimento do milho. *Experientiae*, **1**(1): 1-24, 1961.



Ramon Costa Alvarenga 1/  
José Carlos Cruz 2/  
Edson Bolivar Pacheco 3/

O preparo do solo consiste no conjunto de operações que antecedem ao plantio e tem por objetivo principal alterar algumas de suas propriedades físicas, deixando-o em condições de receber a semente e favorecer o crescimento inicial das plantas.

Para a cultura, o preparo do solo deverá fornecer as condições necessárias, até uma certa profundidade, ao bom

arejamento e umidade, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, levando a uma produção máxima de grãos dentro das possibilidades de clima e nutrição da planta.

Do ponto de vista conservacionista, o preparo deverá manter a estrutura do solo com baixa probabilidade de desagregação e transportabilidade de suas partículas por água ou vento, aumentando a capacidade de infiltração, de modo a reduzir a enxurrada e erosão a um mínimo tolerável.

Para um melhor entendimento das

1/ Engº Agrº, M.Sc. - Pesq./EMBRAPA/EPAMIG - Caixa Postal 295 - 35.700 Sete Lagoas-MG.

2/ Engº Agrº, Ph.D. - Pesq./EMBRAPA/CNPMS - Caixa Postal 151 - 35.700 Sete Lagoas-MG.

3/ Engº Agrº, M.Sc. - Pesq./EMBRAPA/CNPMS - Caixa Postal 151 - 35.700 Sete Lagoas-MG.

funções do preparo do solo, observa-se, na Figura 1, a composição ideal de um solo, mostrando algumas relações entre as porcentagens dos seus principais componentes ideais ao crescimento vegetal. Por ser apenas um modelo teórico, um solo dessa natureza dificilmente será encontrado na prática.

objetivo do preparo do solo é a obtenção de uma estrutura que seja benéfica ao desenvolvimento das plantas. Em outras palavras, haveria na linha de plantio uma faixa de solo firme, bom contato capilar com o subsolo e sem crosta superficial e uma outra faixa, entre as fileiras, com solos mais soltos,

com torrões maiores, que permitiria maior infiltração e aeração, além de prevenir perdas de água por evaporação.

### MUDANÇAS NA ESTRUTURA COM O PREPARO DO SOLO

Acredita-se que há uma deterioração da estrutura do solo sob cultivo.

O efeito de cultivo intenso no tamanho de agregados estáveis em água foi estudado por Grohmann (1960), citado por Sanchez (1976), em um Oxisol (Terra Roxa Legítima) e em um Ultisol (Massapé). Os resultados, mostrados no Quadro 1, indicam que o cultivo reduz à metade, em ambos os solos, a percentagem de agregados maiores do que 2 mm. Segundo o autor, estes agregados menores podem obstruir macroporos entre os agregados maiores e diminuir a infiltração de água.

O decréscimo na taxa de infiltração (de 82 para 12 cm/h) foi também observado por Moura & Boul (1972), citados por Sanchez (1976), trabalhando em Latossolo Roxo, em Minas Gerais (Quadro 2). O decréscimo na infiltração foi associado ao significativo decréscimo nos macroporos tanto no horizonte A quanto no B, enquanto que a mudança nos microporos permaneceu quase inalterada. A compactação por máquinas foi considerada a causa do decréscimo

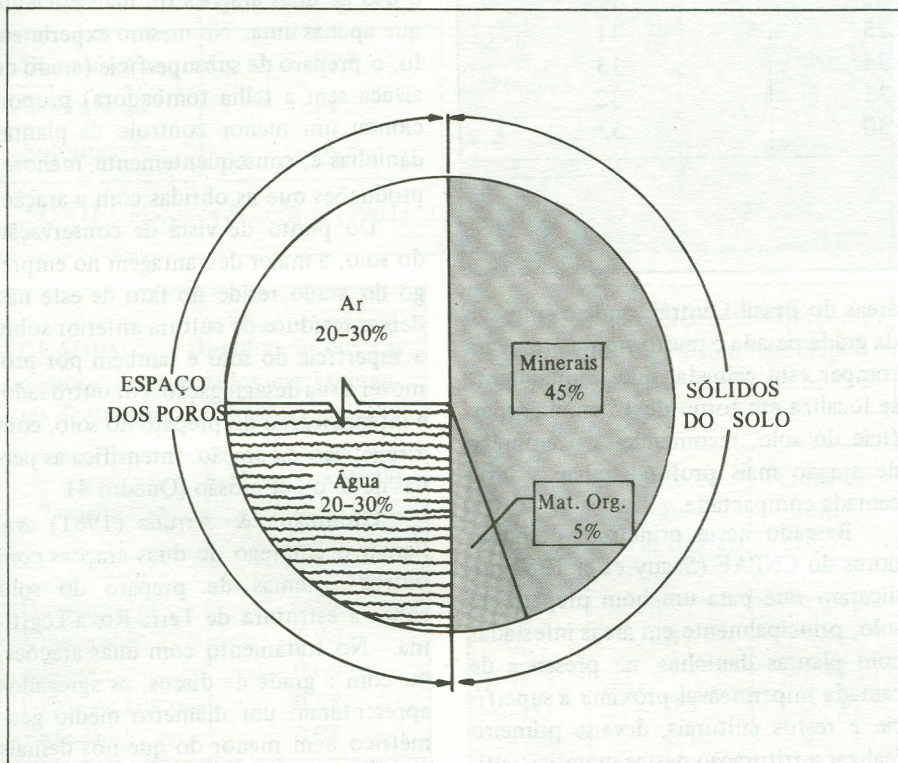


Fig. 1 – Composição volumétrica de um solo.  
Fonte: Brady (1979).

O que se deve ter em mente é que, quando o solo apresentar boas condições para o crescimento vegetal, o seu preparo deve ser tal que suas características sejam mantidas, o que se consegue por meio de alternância da profundidade da aração, pelo manejo da matéria orgânica, pela adoção de um sistema que mobilize menos o solo e, quando viável, pelo uso do plantio direto. Já no caso de um solo degradado, o manejo deverá ser tal que permita a sua recuperação através da utilização de equipamentos mais adequados, manejo de resíduos vegetais e eliminação de operações desnecessárias.

Historicamente, o preparo do solo era necessário para eliminar a competição entre plantas daninhas e a lavoura e deixá-lo solto para o plantio. Segundo Kohnke (1968), quando se usa controle químico de plantas daninhas, o principal

QUADRO 1 – Efeito do Cultivo Intenso sobre a Estabilidade dos Agregados de Um Oxisol (Terra Roxa Legítima) e de um Ultisol (Massapé)

Tamanho dos Agregados (mm)	Terra Roxa Legítima		Podzólico	
	Floresta	Cultivado	Pastagem	Cultivado
> 2	84,2	48,2	80,8	36,0
2 - 1	1,1	13,2	7,2	11,1
1 - 0,5	0,5	13,0	3,9	6,6
0,5 - 0,21	0,5	15,1	4,2	12,5
< 0,21	13,7	10,5	3,9	33,8

FONTE: Grohmann (1960), citado por Sanchez (1976).

QUADRO 2 – Efeito do Cultivo sobre a Infiltração de Água em um Latossolo Roxo do Triângulo Mineiro

Propriedade do Solo	Recentemente Desmatado	Cultivado Anualmente há 15 Anos
Infiltração (cm/h)	82	12
Macroporos, horizonte A (%)	25	11
Macroporos, horizonte B (%)	34	13
Microporos, horizonte A (%)	33	32
Microporos, horizonte B (%)	30	33

FONTE: Sanchez (1976) – Adaptado.

na macroporosidade.

A queda da taxa de infiltração de 82 para 12 cm/h poderia ser considerada benéfica, porque reduziu as perdas por percolação e lixiviação. Esta pode ser uma das explicações para os dados obtidos por Mantovani (1984) que mostraram uma tendência de se obterem maiores produtividades de milho quando o solo LE era ligeiramente compactado.

Queiroz Neto et al (1966), trabalhando em um Podzólico Vermelho-amarelo Orto, mostraram a influência exercida pelo cultivo intenso provocando uma redução na quantidade de agregados maiores e um aumento considerável de instabilidade dos agregados.

### COMPACTAÇÃO DO SOLO

Brady (1979) e Baver et al (1972) relataram a ocorrência de camadas compactadas no fundo da camada arável, em vários tipos de solo. Segundo os autores, estas camadas compactadas podem ter sido causadas pelos efeitos combinados de operações de preparo do solo e outras operações na fazenda.

Esta camada compactada chamada pé-de-arado ou pé-de-grade tem sido observada também em solos brasileiros, geralmente associada ao uso da grade pesada que compacta o solo imediatamente abaixo da profundidade de operação, devido ao seu peso elevado, principalmente em regiões onde o preparo do solo é feito continuamente numa mesma profundidade. A ocorrência de pé-de-grade é muito comum em extensas

áreas do Brasil Central, onde o emprego da grade pesada é muito freqüente. Para romper esta camada, que normalmente se localiza em torno de 15 cm da superfície do solo, recomenda-se o emprego de aração mais profunda abaixo desta camada compactada.

Baseado neste princípio, pesquisadores do CNPAF (Seguy et al 1984) indicaram que para um bom preparo do solo, principalmente em áreas infestadas com plantas daninhas, na presença de camada impermeável próxima à superfície e restos culturais, deve-se primeiro realizar a trituração destes materiais, utilizando-se grade aradora, niveladora ou ambas, seguindo-se de aração, com arado de aiveca ou de disco. Confirmando os bons resultados desta prática, há o depoimento de vários agricultores e os resultados obtidos no CNPMS mostrados no Quadro 3.

QUADRO 3 – Médias de Produção de Milho (kg/ha) em Sucessão de Culturas Irrigadas e Manejo da Palhada, nos Anos 1984/85 e 1985/86, CNPMS/Sete Lagoas, MG

Tratamentos	1984/85	1985/86	Média
Queima palhada + aração + grade niveladora	5.069	5.020	5.044
Grade pesada + aração	5.296	4.209	4.752
Roçar + aração + grade niveladora	4.620	3.396	4.008
Não roçar + aração + grade niveladora	4.484	3.216	3.850
Queima + plantio direto	4.407	2.436	3.421
Roçar + plantio direto	4.082	1.870	2.976
Não roçar + plantio direto	3.979	1.906	2.942

FONTE: EMBRAPA/CNPMS

### PREPARO INTENSO DO SOLO

Trabalhos conduzidos por Marques & Bertoni (1961), em alguns locais do estado de São Paulo, concluíram que do ponto de vista de produção, em áreas com grande incidência de plantas daninhas o uso de duas arações foi mais eficiente que apenas uma. No mesmo experimento, o preparo de subsuperfície (arado de aiveca sem a telha tombadora) proporcionou um menor controle de plantas daninhas e, conseqüentemente, menores produções que as obtidas com a aração.

Do ponto de vista de conservação do solo, a maior desvantagem no emprego do arado reside no fato de este não deixar resíduos de cultura anterior sobre a superfície do solo e também por promover a sua desagregação. Por outro lado, a intensificação do preparo do solo, com a repetição da aração, intensifica as perdas de solo por erosão (Quadro 4).

Grohmann & Arruda (1961) avaliaram o emprego de duas arações com outros sistemas de preparo do solo sobre a estrutura de Terra-Roxa-Legítima. No tratamento com duas arações, ou com a grade de discos, os agregados apresentaram um diâmetro médio geométrico bem menor do que nos demais tratamentos (Quadro 5).

### MANEJO DOS RESTOS CULTURAIS

O manejo de restos culturais deve ser uma das preocupações nas operações de preparo de solo, uma vez que esta va-

QUADRO 4 – Efeito de Alguns Sistemas de Preparo do Solo sobre as Perdas de Terra e Água por Erosão em Solo Arenito Bauru, Cultivado com Milho na Estação Experimental de Pindorama, no Período de 1944/45 a 1956/57, Tomando-se como Base uma Precipitação Anual Média de 1.117 mm

Tratamentos	Perdas de Terra (t/ha)	Perdas de Água sobre a Chuva (%)	Produção de Milho (kg/ha)
Duas arações	16,7	5,5	1.915
Uma aração	14,5	5,4	1.992
Subsuperfície	8,3	4,1	1.734

FONTE: Marques & Bertoni (1961).

QUADRO 5 – Distribuição dos Tamanhos de Agregados em Diferentes Tratamentos de Preparo do Solo

Tratamento	Diâmetro Médio Geométrico (mm)
Duas arações	0,54
Uma aração	0,70
Sulcador	0,69
Grade de Discos	0,58
Enxada	0,95

FONTE: Grohmann & Arruda (1961).

QUADRO 6 – Efeito de Diferentes Quantidades de Resíduo na Superfície do Solo nas Perdas de Solo e Água

Resíduo (t/ha)	Perdas de Água (% de Chuva)	Perdas de Solo (t/ha)
0	45	29,7
0,62	40	7,41
1,24	25	2,47
2,47	0,5	0,74
4,94	0,1	0
9,88	0	0

FONTE: Mannering (s.d.) – Adaptado.

riável pode afetar significativamente as perdas de solo e água. Segundo Mannering (s.d.), a cobertura morta é efetiva, porque protege o solo contra a desagregação, minimiza o encrostamento superficial e, deste modo, permite maior infiltração da água no solo e reduz a velocidade de enxurrada e transporte de sedimentos. O autor mostra que pequenas quantidades de resíduos reduzem significativamente as perdas de solo e água (Quadro 6).

Resultados obtidos no Paraná (Fundação Instituto Agrônômico do Paraná 1982) indicam que, com 5,3 t/ha de palha sobre a superfície, obtém-se uma redução nas perdas de solo de 76% e 53% de água. Verificou-se ainda que o aumento do número de gradagens niveladoras sobrepõe-se ao efeito da palha, quando esta é enterrada pela aração, eli-

minando seu efeito benéfico.

Viegas (1966), baseando-se em vários anos de experimentação no estado de São Paulo, observou que o efeito da palha sobre a superfície em relação àquela que é enterrada pode ser avaliado por uma redução de 67% em perdas de terra e 64% em perdas de água.

Os resultados de perda de solos em função do manejo da palhada (Quadro 7), em trabalho realizado pela EMBRAPA/CNPT (1982), também evidenciam a grande eficiência dos restos culturais no controle de erosão quando incorporados ou mantidos sobre o solo.

## CONCLUSÕES

Pode-se observar que nas condições brasileiras e principalmente mineiras ainda são poucos os trabalhos que estudam as práticas de preparo do solo e os seus efeitos sobre o solo e as culturas. Além disso, existem poucas opções em termos de equipamentos disponíveis no mercado.

A escolha de um método de preparo para determinada região deveria ser tomada levando-se em conta os equipamentos disponíveis, o tipo de solo e as condições climáticas locais.

A extrapolação dos resultados para regiões edafoclimáticas diferentes, sem que se observem esses pontos, poderá

QUADRO 7 – Perdas Médias do Solo por Erosão, nos Anos Agrícolas de 1976/77 a 1979/80, sob Chuva Natural em Três Métodos de Manejo de Solo, com as Culturas de Trigo e Soja, CNPT/EMBRAPA

Tratamentos	Perdas de Solo em t/ha/Ano Agrícola				Média
	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	
1. Preparo convencional (1 lavra + 2 gradagens) Queima da palha	15,2	7,2	1,1	27,5	12,8
2. Preparo convencional (1 lavra + 2 gradagens) Incorporação da palha	3,8	4,2	0,7	6,2	3,7
3. Sem preparo (plantio direto) Palha na superfície	1,5	0,8	0,4	1,7	1,1

FONTE: EMBRAPA/CNPT (1982).

contribuir para o insucesso da exploração.

## PRINCIPAIS IMPLEMENTOS DE PREPARO DO SOLO

Existem atualmente no mercado vários implementos para o preparo do solo e, para cada um deles, variações quanto a forma, peso, número e tamanho das partes ativas (por exemplo — número e tamanho de discos). Dessa forma, poderá haver situações em que determinado implemento seja mais adaptado que outro.

Por essas razões, a seguir serão descritos os principais implementos de preparo do solo e a adaptabilidade de cada um frente às situações mais comuns que se encontram no campo.

### GRADE ARADORA OU GRADE PESADA

Este implemento tem tido o seu uso aumentado nos últimos anos, principalmente nas áreas de expansão da agricultura, levando a crer que a opção por esse implemento se fez em função da possibilidade de se obter um maior rendimento do serviço, além de se conseguirem a aração e gradagem somente com esse implemento.

Em áreas recém-desbravadas, onde ainda existam tocos e raízes, o seu emprego permite um trabalho satisfatório, uma vez que os seus discos passam por cima de tais obstáculos. Também onde existe grande quantidade de massa vegetal (restos de culturas e plantas invasoras), esta grade trabalha bem, pois pica esse material, embora a sua incorporação seja mais superficial. Podem surgir dois problemas: aparecerá uma maior deficiência de nitrogênio pela menor área na qual se processará a decomposição do material vegetal, além de, logo após as primeiras chuvas, ocorrer a germinação das sementes de invasoras, aumentando os gastos com herbicidas e capinas manuais, como foi verificado por Seguy et al (1984). Nessa situação, a utilização do arado após a trituração da massa vegetal aparece como prática correta para minimizar esses problemas.

Como seu próprio nome indica, a grade pesada utiliza-se de seu peso para penetrar no solo e, dessa forma, após sucessivos anos de cultivo, vai haver a formação do pé-de-grade, que nada mais é do que uma camada compactada formada logo abaixo da profundidade de corte da grade, a 10-15 cm. Essa camada compactada, por sua vez, é responsável por uma série de fenômenos indesejáveis que passam a ocorrer no solo, tais como:

- redução da infiltração de água no solo que por sua vez irá favorecer um maior escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão. A grade pesada é um implemento que pulveriza muito o solo, e essa pulverização é tanto maior quanto maior for o número de vezes em que ela for utilizada. Entretanto um solo totalmente solto, sem torrões, não é sinônimo de um bom preparo do solo;

- incorporação de corretivos e esporadicamente de fertilizantes a menores profundidades, a qual, associada à existência de uma camada compactada logo abaixo, vai estimular o sistema radicular das culturas a permanecer nessa parte superficial do solo, explorando portanto menor volume de solo, ficando mais vulnerável a veranicos que porventura ocorram durante o ciclo da cultura, o que refletirá em prejuízos para o agricultor.

### ARADO DE DISCO

No Brasil quando se diz preparo convencional do solo, subentende-se uma aração com arado de disco mais gradagens de nivelamento, geralmente duas ou três. Isso retrata a utilização generalizada desse implemento, principalmente pela sua adaptabilidade aos vários tipos e condições de solo, como solos recém-desbravados onde existam muitas raízes e tocos, solos pedregosos etc.

Esse arado trabalha a uma profundidade média de 20 cm, incorporando até esta profundidade os resíduos vegetais e plantas daninhas, sendo que, para condições onde a massa vegetal é muito densa, necessário se faz triturar esse material para que o arado de disco não apresente problemas de embuchamento.

Abaixo da zona revolvida pelo arado, quando se faz a aração a uma

mesma profundidade, há o aparecimento de uma camada compactada (pé-de-arado) cuja influência é semelhante àquela formada pela grade aradora.

### ARADO DE AIVECA

Embora tenha sido o primeiro implemento de preparo do solo a ser criado, no Brasil a sua utilização é muito limitada, embora existam trabalhos mostrando seus efeitos positivos no solo e nas plantas (Salgado 1979 e Alvarenga 1982).

Esse arado consegue penetrar no solo até maiores profundidades (20-40 cm) em função das características de suas peças, sem que para isso se necessite de peso adicional. Ele faz uma melhor inversão da camada arada do solo que o arado de disco, promovendo um melhor enterrio de restos vegetais e sementes de invasoras, fazendo um melhor controle dessas.

Quando utilizado adequadamente, ou seja, com um teor ideal de umidade no solo, o preparo secundário do solo ou destorroamento e nivelamento é dispensável, pois a superfície formada após o tombamento da leiva proporciona condições para o plantio.

O arado de aiveca é um implemento impróprio para áreas recém-desbravadas, onde ainda existam tocos e raízes, e também para terrenos pegajosos, turfosos e arenosos (Seguy et al 1984). Para terrenos pegajosos, o arado de aiveca comum, ou seja, com a aiveca inteira, não é recomendado, pois o solo irá se acumular na aiveca; entretanto, já existem no mercado arados com aiveca recortada, próprios para trabalhar nesse tipo de solo. No caso de solos de várzea (Aluvial-argiloso), em testes realizados na Fazenda Experimental de Santa Rita da EPAMIG, esse tipo de arado trabalhou normalmente, promovendo praticamente o enterrio total da palha do arroz e deixando uma superfície que proporcionou o plantio com apenas uma gradagem de nivelamento. Nessa ocasião o arado estava equipado com discos para cortar o material vegetal e com roda reguladora de profundidade de corte.

### ARADO ESCARIFICADOR

A característica desse arado é a



de que, no preparo, ele somente afrouxa o solo, ou seja, quebra a sua estrutura sem, contudo, revolvê-lo muito e sem destruir os agregados. Pode ser usado também para quebrar camadas compactadas. Para sua utilização, é necessário que o solo esteja mais seco. Esse implemento proporciona um maior rendimento que os outros arados, além de um bom desenvolvimento radicular e, por ocasião do início de desenvolvimento da cultura, permite que haja uma boa infiltração de água e proteção superficial do solo, pois grande parte dos resíduos vegetais permanece sobre a sua superfície.

Por outro lado, como o arado de aiveca, o escarificador não é próprio para áreas recém-desbravadas, e também para áreas onde haja uma massa vegetal muito densa, o que irá causar o seu constante embuchamento, havendo portanto, nesses casos, a necessidade de uma gradagem para picar o material, facilitando assim a operação com o escarificador. Como este arado não inverte a camada superficial do solo, haverá naturalmente uma pronta emergência de plantas daninhas, o que aumentará a necessidade de capinas para eliminar a competição com a cultura.

## ENXADA ROTATIVA

A enxada rotativa é largamente utilizada em áreas de olericultura e em várzeas para plantio de arroz, como implemento de preparo primário do solo. No preparo secundário, é utilizada para quebrar os torrões deixados pela aração com arado ou grade pesada, e nivelar o terreno.

Mesmo quando se faz uma regulagem que permita a manutenção de torrões maiores sobre a superfície do solo, a sua utilização resulta num alto grau de pulverização do solo, o que, em áreas com alguma declividade, favorece sobremaneira a erosão.

Geralmente trabalha a uma profundidade de 10 a 15 cm e, quando utilizada sucessivamente, vai dar origem a uma camada compactada abaixo da profundidade de corte.

As mesmas conseqüências de um preparo superficial do solo, como no caso da grade pesada, podem ser estendi-

das à enxada rotativa.

## GRADES DESTORROADORAS E NIVELADORAS

São implementos utilizados no preparo secundário do solo, com o objetivo de quebrar os torrões ou nivelar o terreno.

Existe uma grande variação desses implementos quanto ao número de discos, tipo (recortado, liso), tamanho etc.

Segundo Seguy et al (1984), as grades destorroadoras possuem conjuntos de discos dispostos em forma de "X" (Tandem), e seu uso deve-se dar após a aração. Já as grades niveladoras possuem os conjuntos de discos na forma de "V", devendo ser usadas antes do plantio.

### REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R.C. Alterações físicas em um Latossolo Roxo Eutrófico do Triângulo Mineiro, causadas pelo preparo e por sistemas de manejo da palhada de milho (*Zea mays*, L.). Viçosa, UFV, 1982. 75 p. (Tese MS).

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil physics. 4 ed. New York, John Wiley & Sons, 1972. 498 p.

BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1979. 647 p.

EMBRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo, RS. Relatório técnico anual - 1979-1980. Passo Fundo, 1982. 176 p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, PR. Relatório anual de atividades - 1982. Londrina, 1984. 60 p.

GROHMANN, F. & ARRUDA, H.V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura da Terra-Roxa-Legítima. *Bragantia*, Cam-

pinas, 25 (11):117-28, jun. 1961.

KOHNKE, H. Soil physics. New York, Mc. Graw-Hill, 1968. 244 p.

MANNERING, J.V. Conservation tillage to maintain soil productivity and improve water quality. West Lafayette, IND., Purdue University/Cooperative Extension Service, s.d. 7 p. (Agronomy guide (Tillage) Ay 222).

MANTOVANI, E.C. A soil surface traffic-corn yield model for a soil under 'cerrado' vegetation in Brazil with less than 10 years of cultivation. West Lafayette, Purdue University, 1984. 148 p. (Tese Doutorado).

MARQUES, J.Q.A. & BERTONI, J. Sistemas de preparo do solo em relação à produção e à erosão. *Bragantia*, Campinas, 20(9): 403-59, abr. 1961.

QUEIROZ NETO, J.P.; OLIVEIRA, J.B. & GROHMANN, F. Características da estrutura de um Podzólico Vermelho-Amarelo da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. *Bragantia*, Campinas, 25 (11): 117-28, jun. 1966.

UM OVO de Colombo, *Revista Globo Rural*, 1(1): 42-9, out. 1985.

SALGADO, J.S. Efeito de sistemas de aradura e de manejo da palhada do milho em propriedades físicas e químicas do solo e em características das plantas. Viçosa, UFV, 1979. 61 p. (Tese MS).

SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the Tropics. New York, John Wiley, 1976. 618 p.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G.; BLUMENSCHEN, F.N. & DALL'ACQUA, F.M. Técnicas de preparo do solo - efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia, 1984. 26 p. (Circular técnica, 17).

VIEGAS, G.P. Técnica cultural. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA, São Paulo, SP. *Cultura e adubação de milho*. São Paulo, 1966. Cap. 9, p. 263-332.