

Manejo do solo para a cultura da soja



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária
Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSo
Londrina, PR

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

presidente

ITAMAR AUGUSTO CAUTIERO FRANCO

ministro da agricultura, do abastecimento e da reforma agrária
JOSÉ EDUARDO DE ANDRADE VIEIRA (interino)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

presidente

MURILO XAVIER FLORES

diretores

ELZA ANGELA BATTAGGIA BRITO DA CUNHA

JOSÉ ROBERTO RODRIGUES PERES

MÁRCIO DE MIRANDA SANTOS (interino)

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA

chefe

FLÁVIO MOSCARDI

chefe adjunto técnico

ÁUREO FRANCISCO LANTMANN

chefe adjunto administrativo

SÉRGIO ROBERTO DOTTO

As informações contidas neste documento somente
poderão ser reproduzidas com a autorização expressa
do Setor de Editoração do CNPSO.

Circular Técnica nº12

ISSN 0100-6703

Agosto, 1993

Manejo do solo para a cultura da soja

Eleno Torres
Odilon F. Saraiva
Paulo R. Galerani



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Vinculada ao Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária

Centro Nacional de Pesquisa de Soja – CNPSo

Londrina, PR

comitê de publicações

GEDI JORGE SFREDO
CARLOS CAIO MACHADO
IVAN CARLOS CORSO
JOSÉ RENATO B. FARIAS
MILTON KASTER
PAULO ROBERTO GALERANI
IVANIA APARECIDA LIBERATTI

setor de editoração

CARLOS CAIO MACHADO – responsável
DIVINA M. BOAVENTURA – digitação
EDNA DE S. BERBERT – digitação
SANDRA REGINA – composição
SARA PICCININI DOTTO – revisão
DANILO ESTEVÃO – arte final
HÉLVIO B. ZEMUNER – fotomecânica
AMAURI P. FARIAS – impressão e acabamento

capa

DANILO ESTEVÃO

tiragem

5.000 EXEMPLARES

TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GALERANI, P.R. Manejo do solo
para a cultura da soja. Londrina : EMBRAPA-CNPSO, 1993.
71p. (EMBRAPA-CNPSO. Circular Técnica, 12).

1. Soja-Solo-Manejo. I. Título. II. Série.

CDD: 633.348

Sumário

APRESENTAÇÃO	5
AGRADECIMENTOS	6
1. INTRODUÇÃO	7
2. CONSEQÜÊNCIAS DO PREPARO INCORRETO DO SOLO	8
2.1. Alterações físicas e químicas do solo	8
3. COMPACTAÇÃO DO SOLO	10
3.1. Conceitos	10
3.2. Compactação, umidade e consistência do solo	14
3.3. Esforço de tração dos implementos de preparos em função da consistência do solo	15
3.4. Intensidade e profundidade da camada compactada	18
3.5. Sistemas de preparo e compactação do solo	20
3.6. Diagnóstico da camada compactada	24
3.7. Cuidados na descompactação do solo	24
3.8. Como diminuir a formação de camadas compactadas	25
4. DESENVOLVIMENTO RADICULAR DA SOJA	25
5. COMPACTAÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA	29
6. COBERTURA DO SOLO	31
6.1. Importância da rotação de culturas e da adubação verde	31
6.2. Manejo dos restos de cultivos	34
6.3. Como evitar a queima dos restos de cultivo	41

7. SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO	41
7.1. <i>Influência nas características físicas do solo</i>	41
7.2. <i>Influência nas características químicas do solo</i>	45
7.3. <i>Influência na produtividade da soja</i>	48
8. SISTEMAS DE PREPARO UTILIZADOS NA CULTURA DA SOJA .	50
8.1. <i>Preparo convencional com arado de disco</i>	52
8.2. <i>Preparo convencional com arado de aiveca</i>	53
8.3. <i>Preparo reduzido com escarificador ou subsolador</i>	56
8.4. <i>Preparo reduzido com grade pesada</i>	57
8.5. <i>Plantio direto</i>	58
8.5.1. <i>Considerações gerais</i>	58
8.5.2. <i>Limitações e condução do plantio direto</i>	60
8.5.3. <i>Requisitos básicos para a implantação de plantio direto</i> ...	62
9. RESUMO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
9.1. <i>Condições de umidade para o preparo do solo</i>	63
9.2. <i>Compactação do solo</i>	64
9.3. <i>Localização da camada compactada</i>	64
9.4. <i>Rompimento da camada compactada</i>	64
9.5. <i>Planejamento das operações de preparo do solo, cultivo e colheita</i>	64
9.6. <i>Plantio direto</i>	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

Apresentação

O preparo incorreto do solo em áreas de exploração agrícola constitui-se num dos principais problemas e entraves ao desenvolvimento de uma agricultura sustentável, em várias regiões do país.

O inadequado planejamento das atividades de preparo do solo, freqüentemente realizado com implementos inapropriados e em regiões de baixa aptidão para uso agrícola, tem resultado em uma crescente degradação das características físicas e químicas dos solos, fruto de problemas como erosão e compactação, comprometendo a produtividade da soja e de outras culturas.

A EMBRAPA e as várias instituições que compõem o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), tem realizado considerável esforço no sentido de gerar conhecimentos científicos e tecnologias adequadas para fazer frente aos inúmeros problemas que limitam a produção e produtividade agrícola nas diferentes regiões do país.

Neste contexto, o Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSO) da EMBRAPA, em parceria com empresas estaduais de pesquisa e universidades que desenvolvem atividades científicas com a cultura da soja, tem produzido considerável volume de informações sobre os problemas relacionados ao inadequado manejo dos solos e de como estes podem ser solucionados através de práticas de manejo de solos e de culturas. A presente publicação mostra como estes objetivos podem ser alcançados e é oferecida à sociedade brasileira como mais uma importante contribuição do CNPSO para o aumento da produtividade agrícola em regiões de produção de soja, concomitante com a preservação do ambiente.

Flávio Moscardi
Chefe do CNPSO.

Agradecimentos

Ao pessoal de laboratório, Ozael Ferreira, Mariluci Bacelar, Carlos Júnior Scarpelin e José de Aquino, pelo auxílio e colaboração.

Ao pessoal de apoio, Paulo Volpato, João Ribeiro de Macedo, Edilson José da Fonseca e Milton Gonçalves de Melo, também pelo auxílio e colaboração.

Ao técnico agrícola, Edmar Gusmão dos Anjos, pelas sugestões e auxílio no desenvolvimento de equipamentos e máquinas agrícolas que facilitaram a realização deste trabalho.

Manejo do solo para a cultura da soja

*Eleno Torres¹
Odilon F. Saraiva²
Paulo R. Galerani²*

1. INTRODUÇÃO

O preparo do solo para o cultivo da soja é, quase sempre, considerado uma operação de menor importância em comparação às demais práticas culturais. No entanto, a degradação dos solos causada pelas operações de preparo, realizadas de forma inadequada, vem se tornando fator de entrave ao desenvolvimento de uma agricultura sustentável. Isso porque, a maioria dos solos brasileiros caracterizam-se por apresentar os nutrientes concentrados na camada superficial e por serem, também, altamente dependentes da matéria orgânica, facilmente degradada pelas operações de preparo a que o solo é submetido. A matéria orgânica, apesar da importância dada aos sesquióxidos de ferro e de alumínio, na agregação de alguns solos tropicais, como no caso dos cerrados brasileiros, é direta ou indiretamente, o principal agente de estrutura, além de exercer grande influência na capacidade de troca de cátions, principalmente nos solos com textura mais arenosa.

A soja, na maioria das vezes, é cultivada de modo extensivo e altamente mecanizado, o que aparentemente traz uma série de vantagens. Porém, com o cultivo contínuo, ano após ano, ocorre uma série de problemas, tais como: pulverização do solo, redução dos teores de matéria orgânica e nutrientes e aumento da susceptibilidade dos solos à compactação e à erosão. Esses fatos, num curto espaço de tempo,

¹ Eng^o Agr^o, M.Sc., pesquisador da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Cx. Postal 1061, CEP 86001-970, Londrina-PR.

² Eng^o Agr^o, Ph.D., pesquisador da EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), Cx. Postal 1061, CEP 86001-970, Londrina-PR.

trazem conseqüências negativas à produtividade da soja e outras culturas. É bom considerar que não são as plantas de soja que degradam o solo, mas sim o sistema de cultivo utilizado, feito na maioria das vezes com implementos e condições inadequadas de solo e, muitas vezes, em regiões de baixa aptidão para uso agrícola.

Além de discutir uma série de problemas que ocorrem no manejo do solo, destinado ao cultivo da soja e demais culturas anuais mecanizadas, este documento procura mostrar que é possível associar o cultivo da soja com um manejo racional garantindo, assim, a preservação dos solos.

2. CONSEQÜÊNCIAS DO PREPARO INCORRETO DO SOLO

A soja é normalmente cultivada de forma mecanizada, em monocultura ou em sucessão com o trigo. Essa forma de cultivo, na maioria das vezes, causa sérios problemas de degradação dos solos já que a maioria das operações são realizadas sem um planejamento adequado. O preparo do solo, por exemplo, é feito com excessivas operações (Tabela 1). Em algumas propriedades, em apenas uma safra, as máquinas e implementos chegam a trafegar mais de quinze vezes sobre o solo. A maioria dos agricultores tomam todas as precauções possíveis com as demais fases de cultivo, porém, no momento do preparo, preocupam-se apenas em fazê-lo rapidamente. Este procedimento, normalmente, resulta num preparo superficial, na desestabilização dos agregados, causando a pulverização e aumentando a susceptibilidade dos solos à erosão e à compactação. Um dos principais problemas dos solos pulverizados e desagregados é que após o preparo, sob a simples ação das chuvas e das primeiras operações de cultivo, voltam a se compactar, em intensidade semelhante ou ainda maior que aquela apresentada anteriormente.

2.1. Alterações físicas e químicas do solo

O manejo do solo influencia a maioria dos parâmetros físicos do solo que, direta ou indiretamente, afetam o desenvolvimento e a produtividade da soja. Nos solos mal preparados normalmente ocorre uma interação entre o impedimento mecânico, que é uma zona de solo com alta densidade e compactada, e a aeração, que pode causar deficiência ou excesso de água, manter a temperatura excessivamente alta ou baixa, provocar, também, deficiência de oxigênio, e conseqüentemente, inibir o desenvolvimento radicular. Esses fatores, por sua vez, podem ainda favorecer o aparecimento de doenças e pragas. Por exemplo, quando a soja é cultivada em solo compactado é comum ocorrer maior incidência de podridão preta (*Macrophomina phaseolina*), doença causada por um fungo considerado oportunista por atacar as plantas pouco vigorosas, como as desenvolvidas em solos degradados. Gray & Pope

(1986), nos Estados Unidos, constataram maior incidência do fungo *Phytophthora megasperma* var. *sojae* em raízes de plantas de soja, cultivadas em solos compactados.

TABELA 1. Trânsito de máquinas - número de operações - sobre o solo em diferentes sistemas de preparo, no cultivo de soja no Estado do Paraná.

Operações	Sistema de preparo do solo				
	Conven- cional	Grade Pesada	Escari- ficação	Subso- lagem	Plantio Direto
Aração	1				
Subsolagem				1	
Escarificação			1		
Gradagem Pesada		1			
Gradagem Leve	2-4	2-4	0-4	0-4	
Semeadura	1	1	1	1	1
Aplicação de herbicida	1-2	1-2	1-2	1-2	1-3
Cultivo mecânico	1	1	1	1	
Aplicação de defensivos	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5
Colheita	1	1	1	1	1
Total	8 a 15	8 a 15	6 a 15	6 a 15	4 a 10

Fonte: ¹.

A compactação pode, ainda, reduzir a atividade microbiana do solo e provocar a toxicidade de alguns elementos, como Fe e Mn que, em condições de solos com baixa permeabilidade e excesso de umidade, podem ser reduzidos e absorvidos em quantidades tóxicas.

A aeração do solo pode afetar a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Apesar das razões exatas desse efeito ainda serem discutíveis, sabe-se que esses

¹ Comunicação pessoal do Eng^o Agr^o Rafael Figueiredo da EMATER, Caixa Postal 2312, CEP 86001-970. Londrina, PR.

processos são influenciados pela intensidade de respiração radicular, já que a absorção, principalmente dos nutrientes, é um processo ativo que consome energia. Aparentemente, parte da energia da respiração radicular é utilizada para levar a efeito a absorção de nutrientes e água pelas plantas (Buckman & Brady, 1968). Essa hipótese também foi levantada por Epstein (1975) que considera que em baixas concentrações de oxigênio, a absorção iônica pode ser inibida, embora ainda persista alguma atividade metabólica.

A demanda de oxigênio pelas plantas varia entre as espécies. As plantas mais exigentes em oxigênio são: tomate, batata e beterraba, sendo que a soja situa-se num grupo intermediário juntamente com o milho, aveia e cevada. Dentre as menos exigentes em oxigênio estão alguns tipos de sorgo e o arroz irrigado, que possui um mecanismo na parte aérea que retira o oxigênio atmosférico e o transfere para as raízes (Kohnke, 1968). A concentração ideal de oxigênio no solo para o crescimento radicular está em torno de 21%, para uma temperatura de 28-30°C. No entanto, a interação entre a concentração de oxigênio e a temperatura do solo faz com que para cada temperatura do solo exista uma concentração ótima de oxigênio (Millar, 1978). Generalizando-se, a maioria das espécies desenvolvem-se bem em solo com a concentração de oxigênio entre 10 e 20%. Abaixo de 10% o crescimento é prejudicado e cessa quando a concentração é inferior a 2% (Kohnke, 1968).

Para a maioria das espécies, o efeito do impedimento mecânico também depende da concentração de oxigênio. Segundo Barley (1962), quando o impedimento mecânico é pouco intenso, a concentração de oxigênio determina a extensão do crescimento das raízes. Quando o nível de impedimento mecânico é excessivamente alto, as raízes não se alongam seja qual for a concentração de oxigênio. O alongamento das raízes decresce em proporção logarítmica ao aumento da intensidade do impedimento mecânico.

O impedimento mecânico é relativamente fácil de ser avaliado no solo, porém o oxigênio não. Por esse motivo, o oxigênio torna-se um parâmetro difícil de ser utilizado como indicador para definir se um solo está ou não, compactado.

3. COMPACTAÇÃO DO SOLO

3.1. Conceitos

A compactação pode ser definida como aumento da densidade do solo provocada pelo arrançamento das partículas primárias, principalmente, areia, silte e argila, e dos agregados do solo, causado pelas operações de cultivo ou pela pressão de veículos e implementos de cultivo na superfície do solo (Baver et al., 1973). Os solos formados por partículas de diferentes tamanhos normalmente são mais facil-

mente compactados, porque as pequenas partículas podem ser encaixadas nos espaços formados entre as partículas maiores. O processo de compactação é intensificado quando não ocorre reposição da matéria orgânica devido à não utilização de sistemas de cultivo que deixem sobre o solo uma quantidade adequada de resíduos culturais ou quando esses são queimados. Como consequência do excesso de operações de revolvimento do solo, do manejo inadequado da cobertura e devido à falta de proteção, ocorrem perdas da matéria orgânica também por oxidação (Rosenberg, 1964). Com o desaparecimento de outros agentes de estrutura, como alguns microorganismos, exudatos e restos de raízes que mantém as partículas primárias unidas, os agregados tornam-se gradativamente menos estáveis na presença de água, proporcionando, a cada ano, um aumento da susceptibilidade dos solos à compactação.

A intensidade da compactação nos solos agrícolas é resultante das características de cada solo, aliadas ao esforço de compactação dos veículos e implementos, os quais interagem com os teores de umidade e determinam o grau de compactação. O esforço de compactação dos veículos e implementos é determinado, respectivamente, pelo seu peso e características de trabalho (disco, aiveca, etc.). Considerando as formas de consistência em relação aos teores de umidade do solo, os solos podem ser classificados como: 1) duro ou tenaz, quando o solo está seco; 2) friável, quando o solo está úmido; 3) plástico, solo molhado com capacidade de aderir; e 4) pegajoso, muito molhado (Kohnke, 1968). A compactação do solo provocada por um mesmo esforço de pressão, aumenta com o teor de umidade até atingir um máximo, que ocorre dentro do intervalo plástico, decrescendo em seguida (Fig. 1). Essa mesma figura mostra as curvas de compactabilidade de quatro solos do Estado do Paraná. O termo compactabilidade é definido por Allmaras et al. (1988), como a densidade máxima que um solo pode atingir quando submetido a um determinado esforço de energia. Pode-se observar que a umidade crítica para a máxima compactação e o intervalo plástico são diferentes entre os solos, devido principalmente, às diferenças de textura, do número e espessura das partículas, da natureza e quantidade dos minerais primários e secundários, e do conteúdo de matéria orgânica no solo. Embora no caso mostrado exista uma tendência de correlação positiva entre a compactação e os teores de areia e, correlação negativa com os teores de argila, os conceitos baseados somente na análise textural não podem ser considerados como a única forma de explicar a compactação. Algumas vezes, solos com semelhantes teores de areia, silte e argila, apresentam índices de compactação diferentes, provavelmente, em função das características dos minerais presentes, teores de matéria orgânica e agregação do solo.

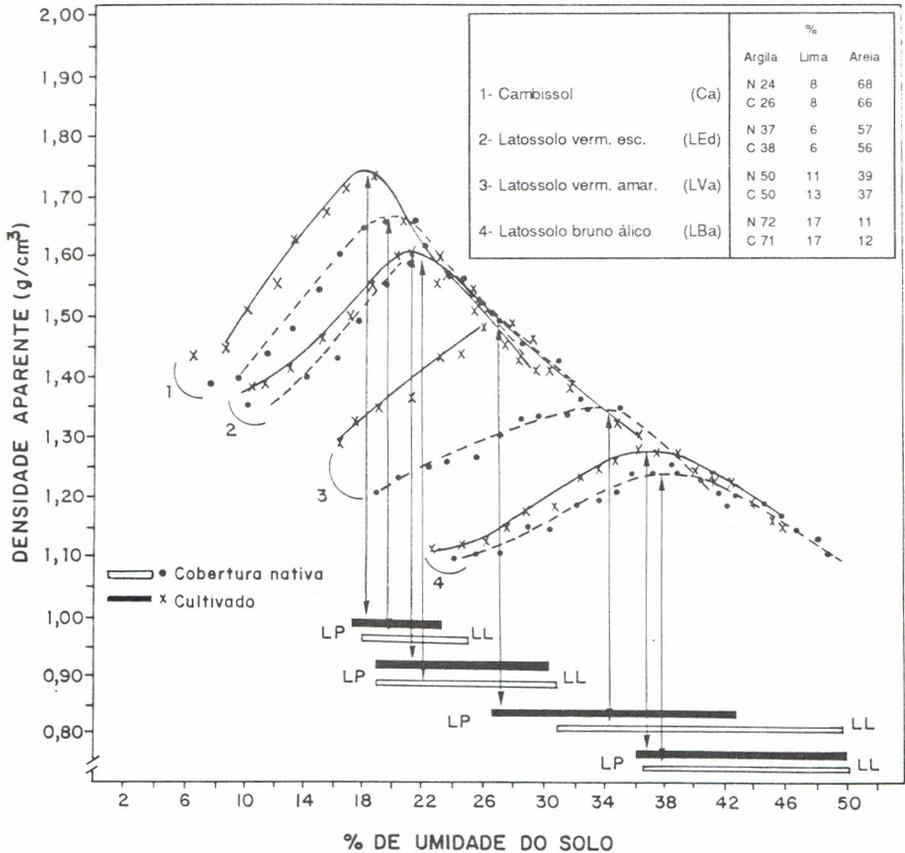


Fig. 1. Densidade aparente do solo em função dos teores de umidade e limites de plasticidade (LP) e liquidez (LL) em quatro tipos de solo sob duas condições de manejo (cultivado e vegetação nativa). Fonte: Torres et al. (1993).

Ainda na Fig. 1 pode ser observado que os solos mantidos sob cobertura nativa, ou seja, nunca cultivados, apresentam menor índice de compactabilidade em relação aos mesmos solos intensamente cultivados. A amplitude dessa variação é diferente entre os solos. No latossolo vermelho-escuro a diferença foi pequena. Já no latossolo vermelho-amarelo foi elevada, atingindo aproximadamente 1,49 g/cm³ no solo cultivado, contra 1,35 g/cm³ no solo mantido sob cobertura nativa. Neste caso específico, a causa provável foi a redução do teor de matéria orgânica, provoca-

do pelo cultivo excessivo. A matéria orgânica, em relação aos minerais presentes no solo, tem baixo peso específico, variando de 0,6 a 1,0 g/cm³ (Kiehl, 1979), o que ajuda a conferir menor densidade aparente aos solos. A matéria orgânica contribui, ainda, para diminuir o arranjo das partículas e dos agregados, quando o solo é submetido a um esforço de compactação.

Os valores da compactação máxima se desviam para o lado seco à medida que se aumenta o esforço ou pressão (Fig. 2). Em outras palavras, aumentando-se o esforço sobre o solo, aumentam-se os níveis de compactação, porém o conteúdo de umidade ótimo para a máxima compactação diminui (Baver et al., 1973). No entanto, ao nível prático, ou seja, nos solos agrícolas, é muito difícil de se conseguir aplicar esforço ou pressão maior do que os pressupostos no método tradicional utilizado na figura anterior. O conteúdo de umidade ótima para a máxima compactação também é menor nos solos mais susceptíveis à compactação (Howard et al. 1981). Este fato pode também ser constatado na Fig. 1, na qual os solos cultivados e os que atingem maiores compactação apresentam um menor conteúdo de umidade para a máxima compactação.

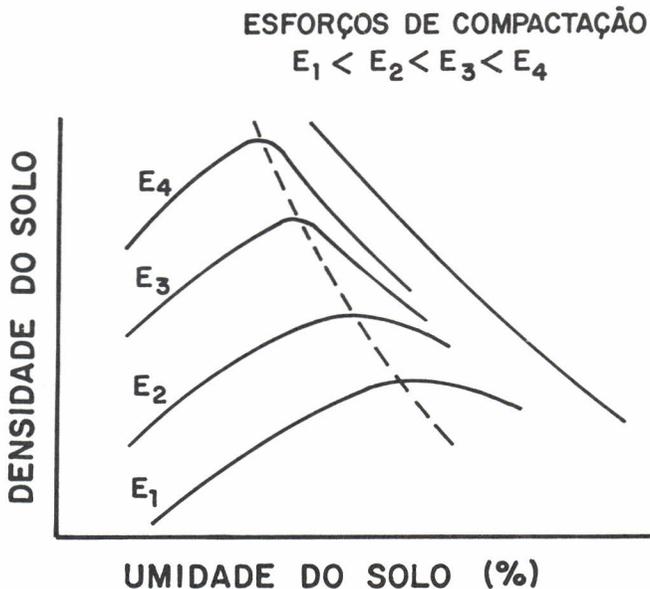


Fig. 2. Compactação do solo em função do esforço aplicado. Fonte: Adaptado de Caputo, 1985.

Todos os implementos e veículos podem provocar compactação em qualquer teor de umidade. No entanto, é possível minimizá-la, e para isso, é necessário considerar que o excesso de tráfego com máquinas e implementos no preparo do solo que se apresenta na consistência plástica (teor de umidade que possibilita que o solo seja moldado) intensificam a compactação. Inversamente, a redução desse esforço e o preparo quando o solo se apresenta na consistência friável (teor de umidade que permite que o solo se desmanche quando comprimido entre os dedos) atenuam a compactação.

3.2. Compactação, umidade e consistência do solo

A faixa ideal de umidade para o preparo varia de acordo com o tipo do solo. Isto é devido, entre outros fatores, à textura, ao tipo de argila e aos outros minerais presentes, à matéria orgânica, ao grau de agregação, e aos cátions adsorvidos, etc.

O intervalo plástico ou índice de plasticidade é a amplitude compreendida pelo limite de plasticidade (limite inferior de plasticidade-LP) e o limite de liquidez (limite superior de plasticidade-LL). O índice de plasticidade, em interação com a pressão exercida pelas máquinas e implementos, sobre o solo, determinam o agravamento da compactação. Vários fatores interferem na amplitude do intervalo plástico: 1) número e espessura das partículas do solo - quanto maior for o número de partículas por unidade de volume (solo argiloso, por exemplo) maior será a necessidade de água para envolver as partículas e levar o solo ao limite inferior do intervalo plástico. Nessas condições também haverá aumento do intervalo plástico; 2) tipo de argila - os solos formados por argilas montemorilonitas (2:1), devido à sua capacidade de hidratação, apresentam maior intervalo plástico do que os formados por elites e caulinitas (1:1); 3) matéria orgânica - em razão de sua alta capacidade de adsorção. O aumento dos teores de matéria orgânica faz com que os limites inferior (LP) e superior (LL) de plasticidade sejam alcançados somente com alto conteúdo de umidade. Aparentemente, isso não causa problemas porque a matéria orgânica também aumenta consideravelmente a zona de friabilidade, permitindo que o solo seja trabalhado por um maior período de tempo na consistência ideal; 4) cátions - o sódio reduz o limite inferior e aumenta o superior de plasticidade, aumentando com isso intervalo plástico. Já o potássio diminui tanto o limite inferior como o superior, diminuindo com isso o intervalo plástico. Outros elementos como o cálcio e o magnésio também atuam sobre o intervalo plástico.

É importante considerar, também, que para a maioria dos solos é necessário um maior gasto de energia para trabalhá-lo quando está na forma de consistência

dura ou tenaz (seco), ou está na forma de consistência plástica (molhado), devido às forças de coesão e adesão, respectivamente (Fig. 3 e 4). Adesão é a atração das moléculas da fase líquida à superfície sólida e coesão é a ligação entre as partículas devido às forças resultantes de mecanismos físico-químicos (forças de Wander Waals, ligações catiônicas, efeitos de concentração de matéria orgânica, sesquióxidos de ferro e de alumínio, etc).

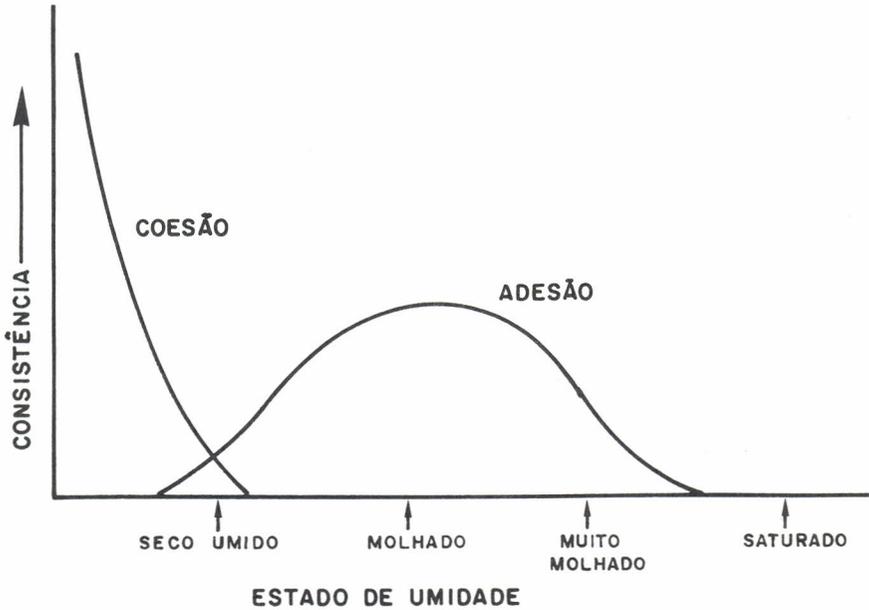


Fig. 3. Efeito do teor de umidade do solo sobre as forças de coesão e adesão. Fonte: Kohnke (1968).

3.3. Esforço de tração dos implementos de preparo em função da consistência do solo.

Como já foi visto, os gastos de energia com as operações de preparo tendem a ser menores quando o solo está na consistência friável. Porém, algumas situações específicas relacionadas com as características de cada implemento de preparo ou com as condições de cobertura de solo podem modificar essa tendência.

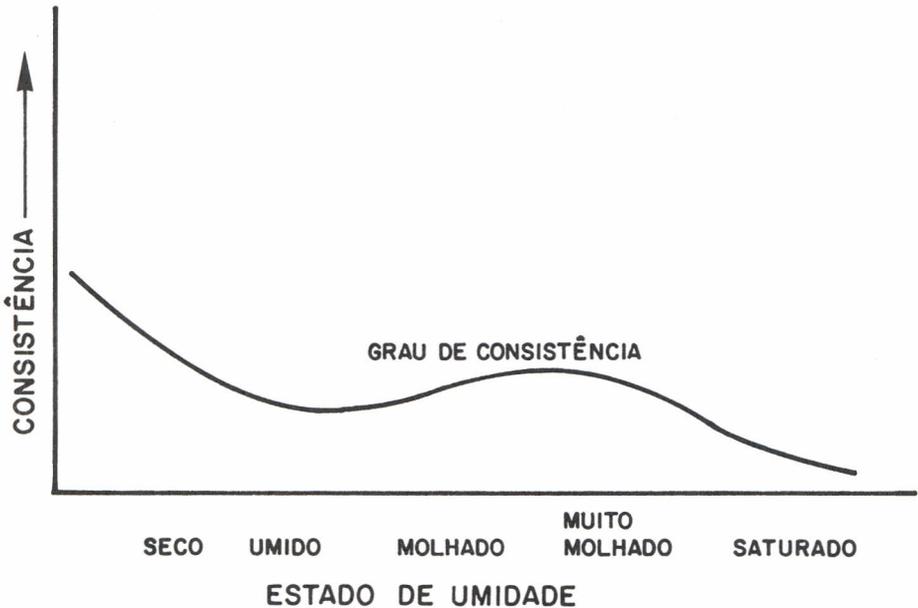


Fig. 4. Efeito do teor de umidade sobre o grau de consistência do solo. Fonte: Kohnke (1968).

Casão et al. (1990)² avaliaram o gasto de energia de diferentes implementos em função do teor de umidade do solo (Fig. 5) e observaram que para o arado de disco, a consistência ideal de trabalho foi a friável. À medida que a umidade aumentou, aproximando-se da consistência plástica, houve aumento do esforço e a aderência do solo ao implemento passou a ser elevada. Para o arado de aiveca, o comportamento foi inverso ao arado de disco. A força de tração aumentou com a umidade do solo até 27%, a partir daí, diminuiu. Segundo os autores, a explicação pode estar baseada no fato de que o arado tinha aivecas lisas, o que aumentou excessivamente a aderência do solo às aivecas com o aumento da umidade. Provavelmente, se o arado fosse de aivecas recortadas, os mais indicados para trabalhos em solos argilosos, haveria menos aderência, e conseqüentemente, menor gasto de energia. Já o escarificador

² CASÃO JÚNIOR, R.; ARAÚJO, A.G.; MERTEN, G.H.; HENKLAIM, J.C.; MONICE FILHO, R.G. Preparo do solo e elementos de planejamento da mecanização agrícola. Londrina : IAPAR, 1990.

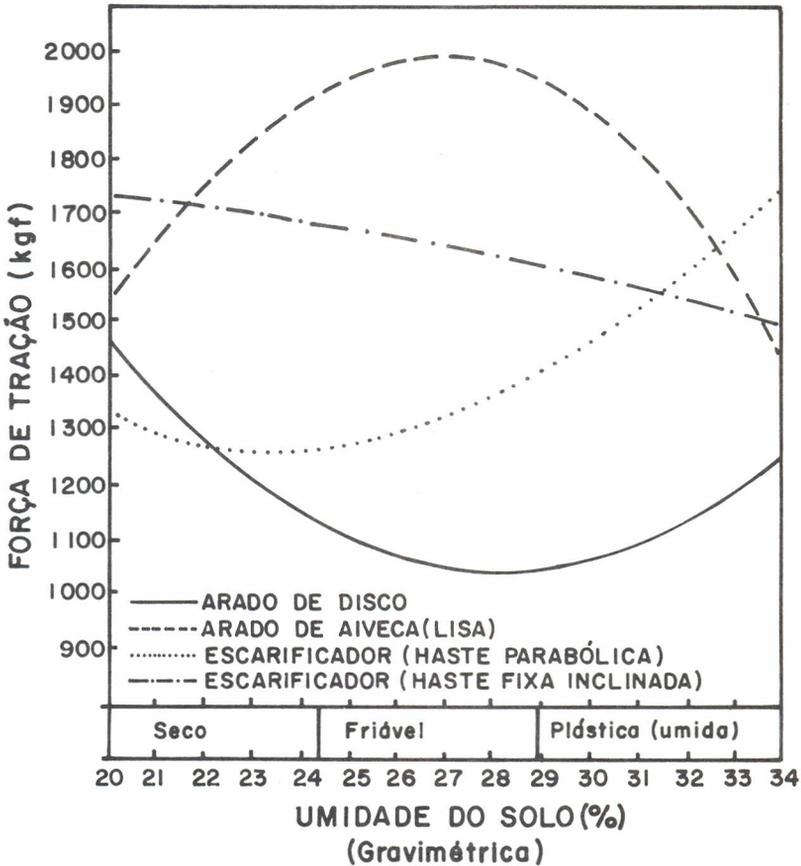


Fig. 5. Efeito do teor de umidade do solo na variação da força de tração de diferentes implementos de preparo do solo na velocidade de tração de 5 km/h. Fonte: Adaptado de Casão et al. (1990)³.

com hastes inclinadas trabalhando sobre resteva de trigo, apresentou redução de esforço com o aumento da umidade. Este fato deve estar associado à resistência à penetração que diminuiu com o aumento da umidade. Deve-se considerar que, com o solo úmido, a haste do implemento só risca o solo sem deixá-lo devidamente preparado.

³ Trabalho não publicado. Ver nota de rodapé nº 2.

O escarificador de haste parabólica de molas, trabalhando sobre resteva manejada de mucuna preta, teve desempenho diferente do escarificador com haste inclinada. Com o solo seco os gastos de energia foram menores. O aumento da umidade do solo provocou um aumento gradativo do esforço. Nesse caso, é importante comentar que com o aumento da umidade do solo ocorreram problemas de embuchamento com a massa de mucuna preta.

3.4. Intensidade e profundidade da camada compactada

A intensidade e a profundidade da camada compactada no solo depende do peso e das características dos implementos, e dos veículos de tração utilizados no preparo. Esse fato somado ao efeito das outras operações como semeadura, aplicação de defensivos e colheita mecanizada intensificam o problema de compactação. Normalmente a utilização contínua de um só tipo de implemento, trabalhando sempre a uma mesma profundidade, tende a aumentar a compactação, principalmente, quando o preparo é superficial, a velocidade de tração é excessiva e a umidade do solo é inadequada. De modo geral, os implementos que preparam poucos centímetros de solo provocam compactação mais superficial e de maior intensidade do que os implementos que fazem um preparo mais profundo. Além disso, após o preparo primário feito por arado ou escarificador, a grade niveladora cuja função é afrouxar e nivelar o solo, pode deixar logo abaixo dessa pequena camada solta uma camada intermediária de adensamento e, logo abaixo dessa, nova camada solta pelo implemento primário. A intensidade da compactação, provocada pela grade niveladora, depende do número de gradagens e dos teores de umidade do solo.

As rodas dos veículos também causam considerável compactação que é mais intensa na superfície e diminui com a profundidade do solo. A profundidade e intensidade dessa camada compactada depende da interação entre o peso do veículo de tração e a largura do rodado utilizado. Dados comparativos entre tratores de mesmo peso, sendo um equipado com esteiras e outro com pneus, trabalhando num mesmo solo, mostraram que a compactação abaixo do trator com pneus foi mais intensa do que o equipado com esteiras (Fig. 6). Assim, a utilização de tratores de menor peso e equipados com rodas mais largas e a redução do número de operações, podem minimizar a compactação.

A Fig. 7 mostra os resultados de resistência à penetração, percentagem de micro e macroporos, e densidade aparente de um latossolo roxo distrófico, no qual foram testados quatro níveis de compactação comparados à testemunha, solo escarificado a 20-25 cm.

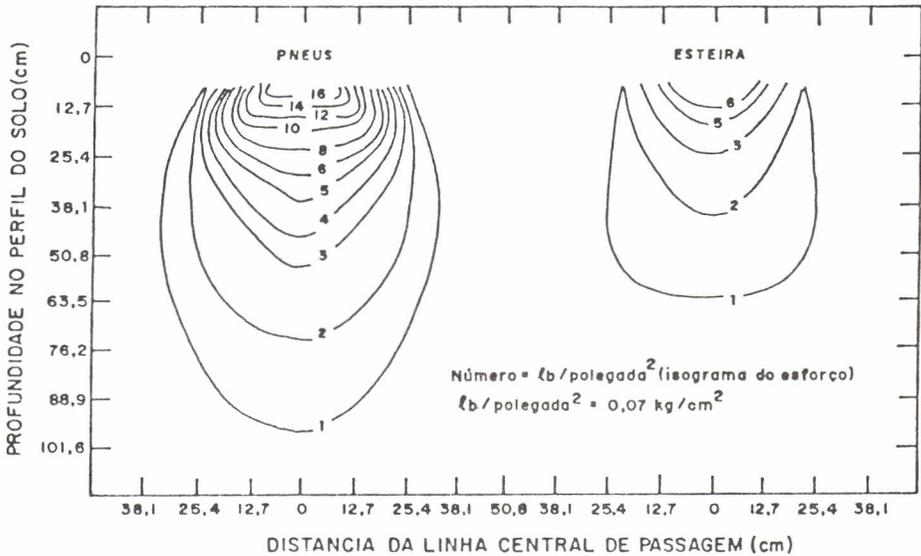


Fig. 6. Diagrama da compactação em um perfil do solo, sob o esforço de um trator com pneus e com esteiras. Fonte: Reaves & Cooper, citados por Bayer et al. (1973).

Observa-se que, à medida que a compactação aumentou, a grade pesada preparou o solo mais superficialmente, tornando a camada compactada mais intensa e superficial. É importante enfatizar que, com o aumento da resistência, foi verificada uma redução drástica da macroporosidade, característica importante para aeração do solo e, conseqüentemente, para equilíbrio das trocas gasosas, movimento de água, etc. Com a redução da macroporosidade ocorreu aumento da microporosidade e dos sólidos.

Fazendo-se uma sobreposição de todas as curvas de resistência apresentadas na Fig. 7 num só gráfico, conforme mostra a Fig. 8, verificou-se que, independentemente da intensidade do tráfego do trator, a compactação abaixo dos 25-30 cm foi praticamente semelhante entre todos os tratamentos. Essa situação ocorre na maioria das regiões onde se utilizam tratores com potência em torno de 80-90 HP, e evidencia que o preparo do solo abaixo dos 25-30 cm, na maioria das vezes, é desnecessário. A subsolagem abaixo dessa profundidade só deverá ser realizada caso o diagnóstico da compactação mostre problemas nessa profundidade ou abaixo dela.

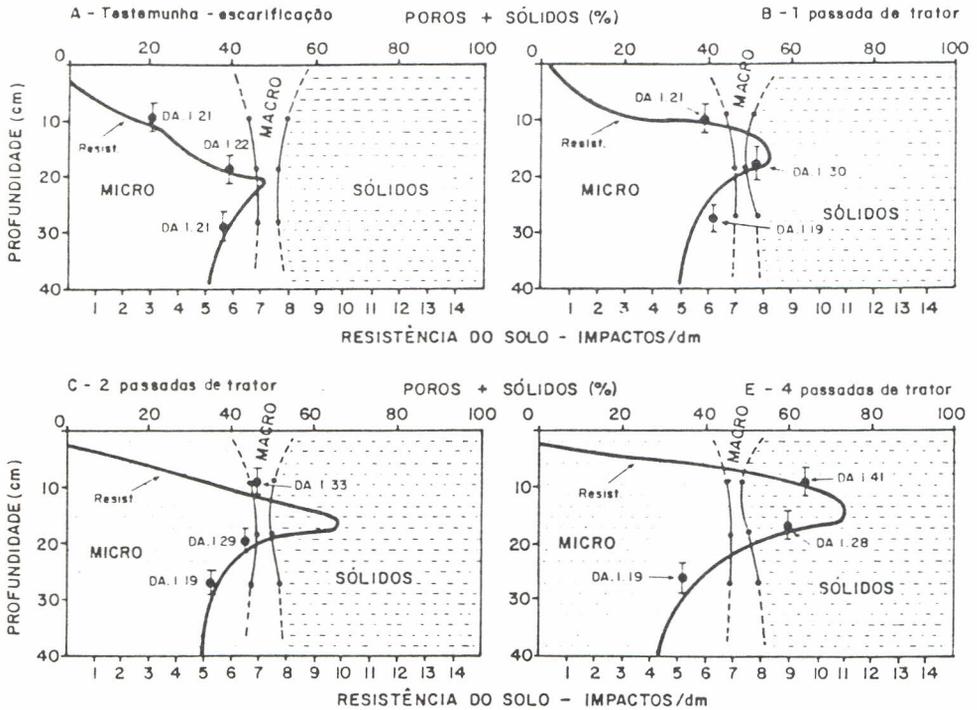


Fig. 7. Resistência do solo a penetração, percentagem de macro e microporos e valores de densidade aparente (DA) em g/cm^3 , observadas em um solo submetido a quatro níveis de compactação. A- testemunha, ou seja, solo escarificado; B- uma passagem com o rodado do trator uniformemente em toda a parcela; C- duas passagens de trator; e E- quatro passagens de trator. Após os tratamentos de compactação, as parcelas, com exceção da testemunha, foram preparadas com grade pesada (16 discos de 24"). Todos os tratamentos, sem exceção, foram nivelados com uma grade niveladora (36 discos de 18"). Fonte: Torres et al. (1987b).

3.5. Sistemas de preparo e compactação do solo

Na Fig. 9 é mostrada a resistência à penetração, obtida após sete anos, em experimento que envolveu quatro diferentes sistemas de preparo do solo (semeadura direta, preparo convencional com arado de disco, preparo reduzido com grade pesada e preparo reduzido com escarificador). As curvas de resistência evidenciam que a compactação foi mais intensa no sistema de semeadura direta e no reduzido, com grade pesada. A diferença entre ambos está na profundidade da compactação. No

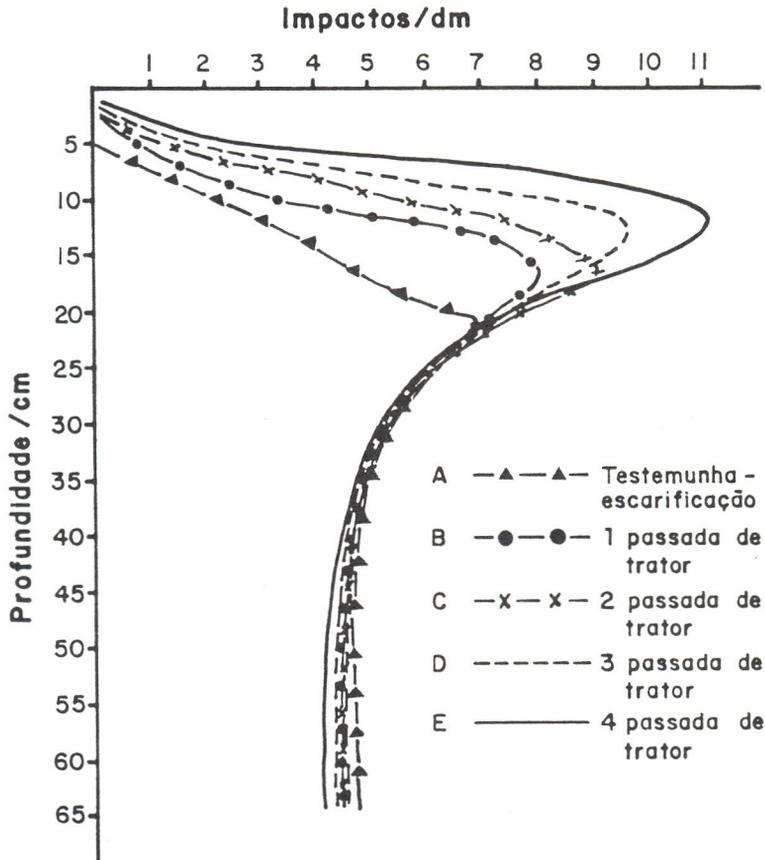


Fig. 8. Resistência do solo a penetração em um latossolo roxo distrófico submetido a cinco níveis de compactação. Fonte: Adaptado de Torres et al. (1987b).

sistema de semeadura direta a compactação inicia-se a cerca de 5 cm de profundidade e aumenta no perfil do solo, tornando-se mais intensa, entre 8 a 15 cm, diminuindo logo após. No sistema reduzido com grade pesada, o uso contínuo do implemento torna mais superficial e intensa a camada compactada podendo, em muitos casos, ser mais acentuada do que a verificada no sistema direto. Nos solos com textura argilosa a grade pesada prepara o solo a uma profundidade que varia de 10 a 15 cm. Nos solos com textura arenosa a profundidade pode ser maior. O arado de disco também provoca uma camada compactada, porém é mais profunda e menos intensa do que

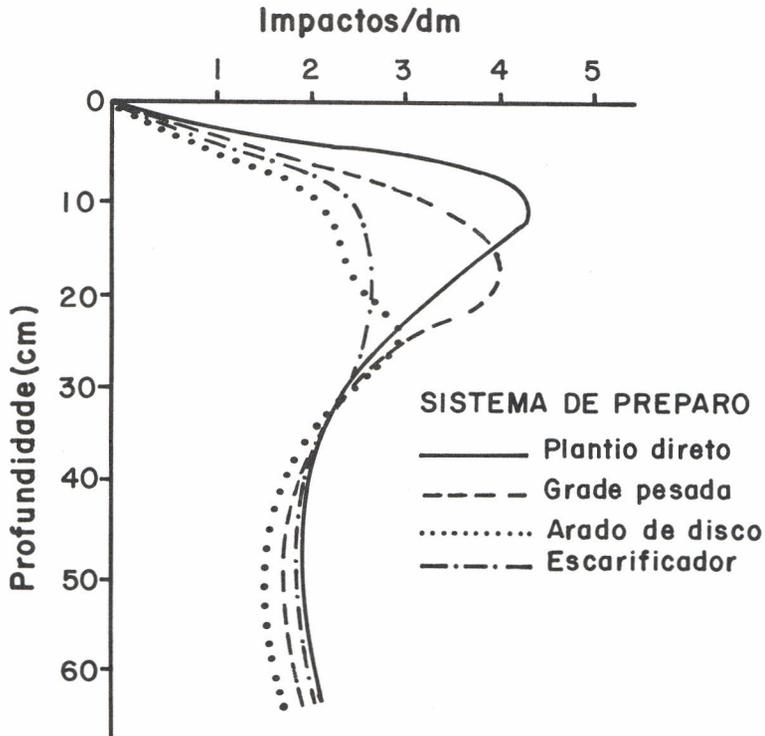


Fig. 9. Resistência do solo à penetração em um latossolo roxo distrófico submetido a quatro sistemas de preparo do solo, sete anos após a instalação do experimento. Fonte: Adaptado de Torres et al. (1987).

aquela provocada pela grade pesada. A ação cortante dos discos, tanto do arado como da grade pesada, forma uma superfície espelhada de solo que pode diminuir a infiltração de água. Os implementos com hastes (escarificador ou subsoladores) provocam menor compactação em relação ao de disco, devido ao modo de contacto das hastes com o solo.

A segunda avaliação da resistência do solo no mesmo experimento, após dez anos de estudos (Fig. 10), mostrou que as diferenças entre os tratamentos foram mais acentuadas. O plantio direto e a grade pesada continuaram apresentando maior resistência. O preparo convencional com arado de disco evidenciou ainda mais o aumento da resistência abaixo da camada revolvida e denominada de "pé-de-arado",

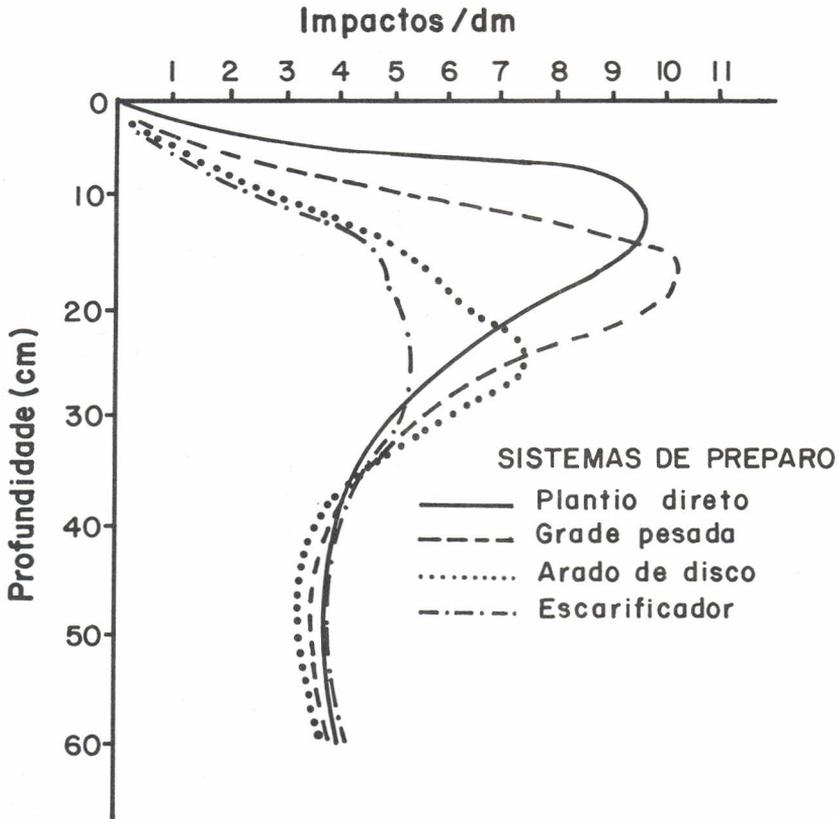


Fig. 10. Resistência do solo à penetração em um latossolo roxo distrófico submetido a quatro sistemas de preparo, dez anos após a instalação do experimento. Fonte: Adaptado de Torres et al. (1993).

principalmente em relação ao escarificador. O solo preparado com escarificador continuou apresentando a menor resistência à penetração entre os sistemas avaliados. É importante considerar que a umidade do solo, durante a primeira avaliação de resistência, feita em 1987, foi maior do que a segunda, em 1990.

Apesar das restrições feitas às comparações de resistência do solo quando essas objetivam caracterizar o comportamento de sistemas de preparo do solo em diferentes anos, em razão das variações da umidade do solo que podem dificultar a interpretação dos resultados, concluiu-se que o emprego de mesmos sistemas de

preparo, por vários anos seguidos, acentua as tendências de adensamento provocadas por cada sistema, e também, as diferenças entre eles.

3.6. Diagnóstico da camada compactada

Para corrigir a camada compactada é necessário um diagnóstico para se detectar onde ela se localiza no perfil. Esse diagnóstico pode ser feito pelo exame da densidade e distribuição de raízes, quando a cultura atingir o desenvolvimento pleno, através da abertura de uma trincheira na linha de semeadura. O número de raízes é muito reduzido na camada compactada.

Antes do início das operações de preparo do solo, a compactação poderá ser avaliada pelo método da densidade aparente. A densidade aparente é obtida pela relação entre a massa do solo e o volume que esse solo ocupa, sendo expressa em g/cm^3 .

A compactação também pode ser avaliada pelo teste de penetrômetro, de penetrógrafo, ou pela abertura de uma pequena trincheira onde, com o toque de um instrumento pontiagudo, localiza-se a camada compactada. Devem ser feitas de 10 a 15 amostragens em cada talhão, determinados pelo histórico do manejo da área e morfologia do solo.

3.7. Cuidados na descompactação do solo

Embora os solos desagregados sejam mais susceptíveis à compactação e sua recuperação seja uma tarefa difícil, pois depende da melhoria da estrutura, é muito importante manter esses solos livres de camadas compactadas. Assim, após a identificação da profundidade e espessura da camada compactada, deve-se proceder à escolha do implemento para o seu rompimento, tomando por base a profundidade de trabalho imediatamente abaixo da camada compactada. Os implementos que promovem a inversão da camada trabalhada, como por exemplo os arados, trabalhando a profundidades superiores a 20-25 cm, poderão trazer à superfície uma camada de solo ainda não corrigida, principalmente se esse solo foi corrigido para acidez ou preparado durante alguns anos com grade pesada. Assim, para um melhor diagnóstico é necessário retirar amostras do solo. Devem ser retiradas para análise 20 a 30 subamostras para formar a amostra composta, por talhão, estratificando o solo em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-30 cm), objetivando a correção de acidez e de recuperação de sua fertilidade, durante o trabalho de descompactação.

3.8. Como diminuir a formação de camadas compactadas.

A manutenção do solo sem camadas compactadas depende de certos cuidados, tomados a partir de um planejamento adequado da propriedade. Sendo assim, é necessário um dimensionamento cuidadoso das operações de preparo, levando-se em conta a época de germinação das ervas daninhas, rebrota dos restos de cultivos e exigência, quanto à necessidade ou não de incorporação dos herbicidas. Essas informações permitirão que o condicionamento ideal do solo para o cultivo seja feito com o menor número possível de operações, principalmente, de grades niveladoras. É importante racionalizar, também, as operações posteriores ao preparo do solo, tais como semeadura, tratos culturais mecânicos e aplicação de defensivos que compactam o solo devido à pressão causada pelas rodas dos veículos. A adoção de práticas de rotação de culturas, também, é indispensável.

Deve-se incluir num programa de rotação de culturas e adubação verde, espécies com características descompactadoras, e/ou indicadas para incorporação, e/ou apropriadas para a cobertura do solo. A Tabela 2 lista algumas das espécies mais comuns que podem ser opção para adubação verde. Estas espécies não são adaptadas a todas as regiões do Brasil. As informações técnicas e recomendações de plantio devem ser obtidas nas próprias regiões, junto às instituições de pesquisa e assistência técnica e extensão rural.

No caso do uso de espécies que apresentam grande quantidade de massa verde, a incorporação deve ser feita com arado de aiveca ou arado de disco. Os discos do arado devem estar bem conservados para que possam cortar os restos de cultivos e fragmentar o solo adequadamente. Os discos com diâmetro de 30" são mais apropriados para a incorporação de grande quantidade de massa.

Outro procedimento importante é preparar o solo quando o teor de umidade corresponder à faixa de friabilidade, o que diminui a possibilidade de compactação e uso de energia. .

4. DESENVOLVIMENTO RADICULAR DA SOJA

O desenvolvimento radicular e a produtividade da soja podem ser afetados pelo preparo do solo (Kayombo et al., 1991). Como de 80 a 90% das raízes se desenvolvem nos primeiros 20-25 cm de profundidade (Bohm, 1979) é importante que essa camada esteja descompactada e bem equilibrada em nutrientes. Caso contrário, poderá haver impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular da soja. Na Fig. 11 são mostradas as curvas de resistência de um latossolo roxo sob duas condições de preparo (com arado de disco de 28" e com grade pesada com discos de

TABELA 2. Espécies adaptadas à adubação verde, em diferentes regiões do Brasil¹.

Nome comum	Nome científico	Estação de cultivo	Produção de massa seca-t/ha
Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformes</i>	verão	4-6
Mucuna-preta	<i>Stylobium aterrimum</i>	verão	6-8
Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	verão	9-13
Calopogônio	<i>Calopogonium mucunoides</i>	verão	4-6
<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Crotalaria juncea</i>	verão	9-10
<i>Crotalaria spectabilis</i>	<i>Crotalaria spectabilis</i>	verão	4-6
<i>Crotalaria mucronata</i>	<i>Crotalaria mucronata</i>	verão	6-8
<i>Crotalaria breviflora</i>	<i>Crotalaria breviflora</i>	verão	4-6
<i>Crotalaria paulinea</i>	<i>Crotalaria paulinea</i>	verão	-
Milheto	<i>Pennisetum aterrimum</i>	verão	6-10
Siratiro	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	verão	5-6
Aveia preta	<i>Avena strigosa</i> (Sachub)	inverno	2-6
Aveia comum (branca)	<i>Avena sativa</i> L.	inverno	2-5
Aveia amarela	<i>Avena bysantina</i> C. Kock	inverno	2-5
Tremoço branco	<i>Lupinus albus</i> L.	inverno	3-5
Tremoço amarelo	<i>Lupinus luteus</i> L.	inverno	3-4
Tremoço azul	<i>Lupinus angustifolius</i>	inverno	3-4
Ervilhaca	<i>Vicia sativa</i> L.	inverno	2-5
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i> L.	inverno	2-6

¹ A adaptação e a produção de massa seca das espécies poderão variar em função das condições edafo-climáticas de cada região. Fonte: Adaptado de Derpsch & Calegari (1985), Calegari et al. (1992) e Fundação Cargil (1983).

24", nesta após intensa mecanização) e a área onde, provavelmente, haverá restrição ao desenvolvimento das raízes. Na Fig. 12 está representada a distribuição das raízes de soja plantadas nessas duas condições de preparo. No sistema com arado de disco e com profundidade de preparo de aproximadamente 22 cm, a distribuição de raízes é uniforme e mais profunda. Já no sistema reduzido com grade pesada, e profundidade de preparo atingindo em média 12 cm, o desenvolvimento radicular é superficial e limitado pela camada compactada formada abaixo da camada preparada.

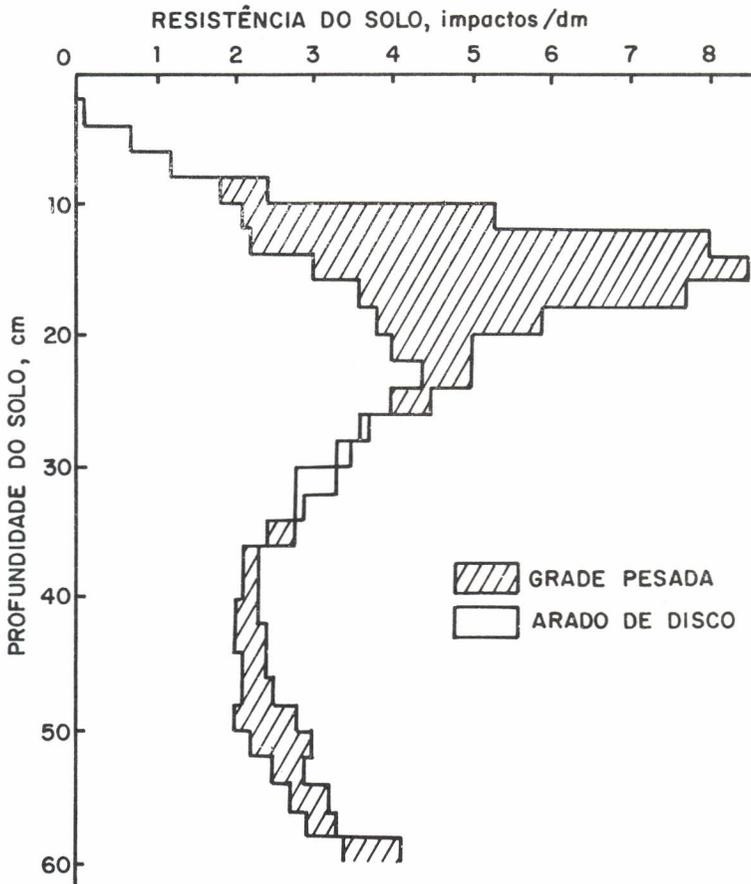


Fig. 11. Resistência do solo ao penetrômetro quando submetido a dois tipos de preparo - Arado de disco (28") e grade pesada (24"). Fonte: Saraiva & Torres (1991).

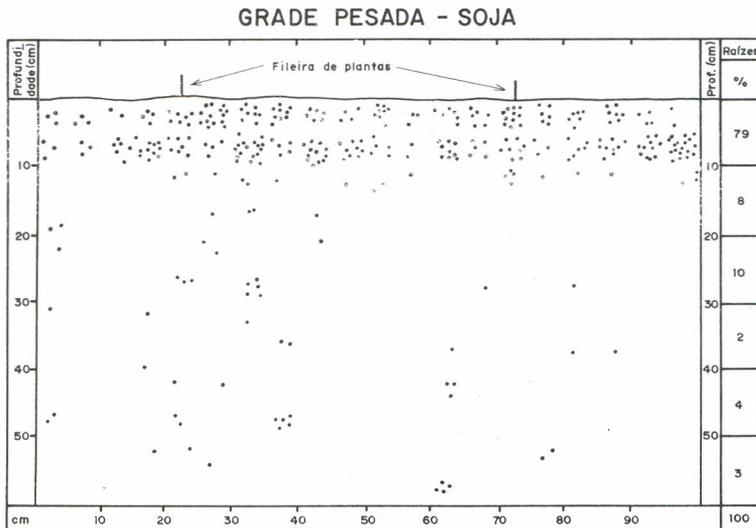
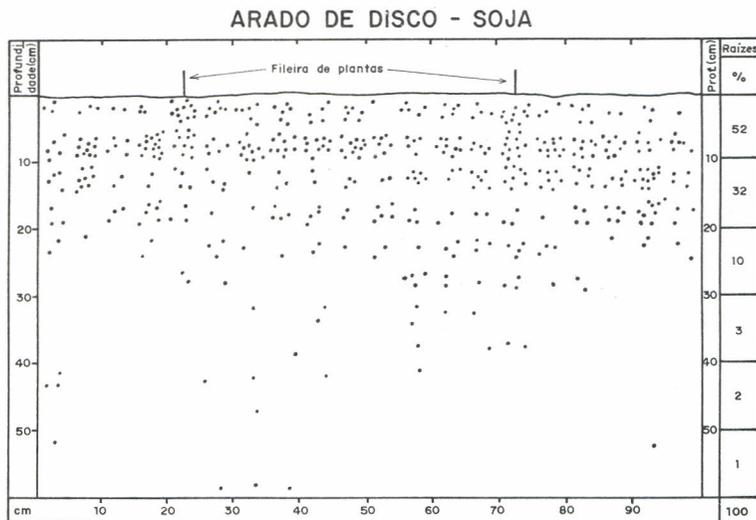


Fig. 12. Distribuição de raízes de soja, cultivar BR-16, em dois tipos de preparo do solo.
 Fonte: Saraiva & Torres (1991).

5. COMPACTAÇÃO E PRODUTIVIDADE DA SOJA

Os trabalhos conduzidos em condições controladas (casa de vegetação e laboratório), mostram valores críticos de densidade aparente do solo a partir do qual ocorrem danos ao desenvolvimento da soja (Maurya & Lal, 1979 e Nogueira & Manfredini, 1983) e na produtividade da soja. Para os solos cultivados extensivamente a determinação da densidade aparente crítica poderia ser informação importante. Esta hipótese, segundo agricultores e extensionistas, permitiria reduzir os custos de produção da soja, porque as operações de descompactação mais profundas e dispendiosas, só seriam realizadas quando o solo atingisse nível crítico. Porém, isso não é fácil de determinar, porque a nível de lavoura extensiva, vários fatores estão envolvidos. Primeiramente, mesmo que a compactação por si só não afete a produtividade, ela torna-se fator relevante no processo de erosão em razão das perdas de solo e nutrientes. Depois, o efeito de um mesmo valor de densidade do solo sobre o desenvolvimento da soja varia entre os anos, devido ao caráter aleatório do clima, principalmente das chuvas. O clima faz com que um mesmo tipo de solo, mantido num mesmo nível de compactação, apresente a cada ano, variações nas suas características físicas (resistência à penetração, trocas gasosas, armazenamento de água, temperatura, etc.), que poderão ou não prejudicar a soja. Desta maneira, um nível de densidade do solo, que é crítico num ano, poderá não ser no outro. Limites máximos de compactação, provavelmente, afetarão o desenvolvimento da soja em qualquer condição de clima.

Para entender melhor o efeito da compactação sobre a produtividade da soja, deve-se considerar que, mesmo ocorrendo uma camada compactada que impeça o desenvolvimento radicular no perfil do solo, a produtividade poderá, ainda, ser razoável desde que não haja limitações de nutrientes e de água na zona de distribuição de raízes. No entanto, se ocorrer deficiência hídrica durante a fase reprodutiva da soja, a produtividade poderá ser prejudicada (Nogueira & Manfredini, 1983).

Os resultados mostrados na Tabela 3 enfatizam o que foi discutido anteriormente. Tentou-se, com este trabalho, simular a compactação causada pelo tráfego intensivo de máquinas e preparo com grade pesada. O efeito dos níveis de compactação sobre a produtividade da soja variou entre os anos. No ano de 1986, o rendimento foi estatisticamente inferior no tratamento E (quatro passadas de trator). Porém, verificou-se a tendência do rendimento decrescer a partir da compactação obtida com duas passadas com trator. Em 1987, ano de boa distribuição de chuvas, foi obtida a maior produtividade em valores absolutos e também as menores diferenças entre os tratamentos de compactação comparados aos anos de 1986 e 1988. Já no ano de 1988, apesar da tendência dos rendimentos decrescerem com o aumento da com-

pactação, não houve diferença estatisticamente significativa. As diferentes tendências entre os anos mostraram a provável relação entre o efeito da compactação e o regime hídrico do solo. Ficou evidenciado que no ano de melhor distribuição de chuvas, praticamente não ocorreu efeito da compactação sobre a produtividade da soja. Porém, deve ser ressaltado mais uma vez, que nas condições experimentais, devido à distribuição das parcelas, não ocorreu a erosão verificada nas lavouras. Portanto, o seu efeito negativo foi minimizado. Provavelmente, em condições de cultivo extensivo, as perdas de produtividade seriam maiores em razão da erosão.

TABELA 3. Produção de soja (kg/ha), cultivar Paraná em um latossolo roxo distrófico com quatro níveis de compactação e comparados a solo escarificado. Média de três anos. Londrina, PR.

Tratamentos ¹	Ano			Média
	1986	1987	1988	
A- Escarificação (DA ± 1.21)	2368 a ²	3602 ^{ns}	3009 ^{ns}	2993
B- Uma passada de trator (DA = ± 1.27)	2389 a	3485	2968	2947
C- Duas passadas de trator (DA = ± 1.33)	2259 a	3507	2878	2881
D- Três passadas de trator (DA = ± 1.37)	2074 ab	3525	2616	2738
E- Quatro passadas de trator (DA = ± 1.41)	1943 b	3382	2619	2648
CV%	8.72	8.73	7.79	

¹ A-testemunha - solo escarificado; B-uma passagem com o rodado do trator uniformemente em toda a parcela; C,D e E-duas, três e quatro passadas de trator, respectivamente. O trator utilizado para simular a compactação foi um CBT de 110 HP, com peso aproximado de 5.200 kg. Após os tratamentos de compactação, as parcelas foram preparadas com uma grade pesada (16 discos de 24"), com excessão da testemunha. Em seguida, todos os tratamentos foram nivelados com grade niveladora (36 discos de 18").

DA = densidade aparente (g/cm³).

² Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

^{ns} não significativo pelo teste de F.

Fonte: Torres et al. (1987a, 1988a e 1988b).

Devido à dificuldade de determinar a densidade do solo que indica o nível crítico de compactação a partir do qual ocorrem danos à produtividade da soja, é importante que a cada cultivo o solo esteja livre de compactação, não só para que a soja expresse seu potencial produtivo, mas também para aumentar a infiltração de água e diminuir as perdas de solo e nutrientes provocados pela erosão.

6. COBERTURA DO SOLO

6.1. Importância da rotação de culturas e da adubação verde

Uma das maneiras de atenuar a redução dos teores de matéria orgânica e o agravamento da degradação das características físicas do solo é através do cultivo da soja em sistemas ordenados de rotação de culturas. Esta prática, além de possibilitar um bom controle de plantas daninhas, pode diminuir a incidência de pragas e doenças, permite a reciclagem de nutrientes, e deixa uma grande quantidade de restos de cultivos após a colheita. Os restos de cultivos poderão permanecer em cobertura ou ser incorporados para aumentar o conteúdo de matéria orgânica. A matéria orgânica melhora a estabilidade dos agregados, a capacidade de retenção e infiltração de água. Segundo Pereira & Peres (1985) a matéria orgânica é, entre os componentes do solo de cerrado, o principal elemento responsável pela troca de cátions. Isto porque o húmus, que é a fase estável da matéria orgânica, tem maior propriedade coloidal do que as argilas silicatadas. Além disso, o húmus possui radicais eletronegativos em suas superfícies externas, onde são retidos cátions com diferentes graus de intensidade. A importância do húmus sobre a CTC do solo também é realçada por Calegari et al. (1992) que afirmam que a capacidade de adsorção do húmus é de 15 a 133 vezes superior à da caolinita, argila predominante na maioria dos solos brasileiros.

Para as regiões onde a soja é atingida por frequentes períodos de déficit hídrico, a manutenção dos resíduos de cultivos pode ser a única alternativa para melhorar as condições térmicas e de armazenamento de água nos solos. A cobertura do solo com resíduos culturais diminui a amplitude das variações térmicas (Lal, 1974), principalmente pela redução das temperaturas máximas (Derpsch et al., 1985 e Bragagnolo & Mielniczuk, 1990). Este fato é muito importante porque alguns solos, quando descobertos, podem atingir temperaturas máximas acima das ideais para o desenvolvimento da soja.

A manutenção dos restos de cultivos em cobertura também protege os solos quando ocorre excesso de chuvas que são as grandes responsáveis pela erosão e degradação do solo (Sidiras et al., 1983). No caso específico do plantio direto, a

maior ou menor eficiência do sistema em reduzir o escoamento superficial de água depende principalmente, da quantidade, do tipo e do manejo dos resíduos vegetais, os quais vão atuar como dissipadores da energia das gotas de chuvas e aumentar a rugosidade do terreno (Vieira, 1981). O aumento da quantidade de resíduos sobre a superfície também melhora a capacidade de armazenamento de água no solo (Bragagnolo & Mielniczuk, 1990) e diminui as perdas de solo causadas por erosão (Bertol et al., 1987 e Bertol et al., 1989). Quando incorporadas, algumas espécies vegetais usadas como adubos verdes também melhoraram a capacidade de armazenamento de água do solo de cerrado brasileiro (Resck et al., 1982).

Algumas espécies como o guandu, o siratro e o capim pangola podem conferir ao solo altas quantidades de lignina, um precursor do húmus, que confere estabilidade aos agregados do solo (Lassus, 1990). Na Nigéria, a semi-incorporação ou incorporação parcial dos restos de cultivos de *Panicum maximum* e guandu, realizada por implementos que não fazem a completa inversão da camada trabalhada de solo, reduziu a densidade aparente do solo, na profundidade de 0-15 cm (Juo et al., 1977). No Estado do Paraná, em latossolo roxo, o guandu, o tremoço e o milho, primeiramente incorporados e depois em cobertura, aumentaram a macroporosidade e diminuíram a resistência do solo à penetração (Gaudêncio et al., 1989). A aveia preta como cobertura morta aumentou a produtividade da soja (Derpsch & Calegari, 1985). Adisarwanto (1983) na Indonésia, também observou que a cobertura do solo foi uma prática importante para incrementar a produtividade da soja.

A Tabela 4 mostra a produtividade da soja, em latossolo roxo distrófico, onde o efeito da cobertura de inverno sobre a produtividade da soja esteve associado às condições de clima, principalmente, durante a fase reprodutiva, considerada a mais crítica para a produção da soja. Nos anos excessivamente secos e de baixa produtividade como 1988/89 e 1989/90, não foi verificado efeito da cobertura de inverno sobre a produtividade da soja. Nos anos em que a estiagem foi menos drástica como 1985/86 e 1987/88, a cobertura com aveia preta, rolada, proporcionou maior produtividade da soja. Outro aspecto interessante é que em quatro (1985/86, 1986/87, 1987/88 e 1988/89) dos cinco anos estudados, o sistema de plantio direto proporcionou maior rendimento da soja, comparado ao convencional com arado de disco. O efeito da aveia preta, rolada, nessa diferença, foi importante, principalmente nos anos de 1985/86, 1986/87, 1987/88. Em valores absolutos, a média de cinco anos nos dois sistemas de cultivo (direto e convencional), da produção de soja, plantada após a aveia preta, rolada, foi superior, apresentando 2335 kg/ha contra 2174, 2187 e 2217 kg/ha em relação à aveia preta (só raiz), trigo e pousio, respectivamente. Apesar da aparente vantagem na produção da soja, a aveia preta foi plantada em sucessão com

TABELA 4. Rendimento de soja obtidos em dois sistemas de preparo do solo, quatro sistemas de cobertura de inverno, média de cinco anos. EMBRAPA-CNPSO. Londrina, PR. 1991.

Cobertura de inverno	1985/86		1986/87		1987/88		1988/89		1989/90	
	CONV ¹	DIR ¹	CONV	DIR	CONV	DIR	CONV	DIR	CONV	DIR
1-Aveia preta (Planta inteira)	2199 Ba ²	2892 Aa	2311 Ba	2720 Aa	2850 Ba	3502 Aa	1369 ² B	1997 Aa	1658 Aa	1849 Aa
2-Aveia preta (só raiz)	2055 Ba	2559 Aab	2277 Ba	2682 Aa	2239 Bb	3277 Aab	1321 Ba	1950 Aa	1558 Aa	1819 Aa
3-Trigo	2114 Ba	2536 Aab	2146 Ba	2604 Aa	3090 Aa	3044 Abc	1347 Ba	1752 Aa	1597 Aa	1639 Aa
4-Pousio	2352 Aa	2327 A b	2175 Ba	2676 Aa	3000 Aa	2834 A c	1298 Ba	1943 Aa	1882 Aa	1679 Aa
MÉDIA: Sistema	2180	2585	2227	2671	2795	3164	1359	1910	1674	1746
Ano	2383 B		2449 B		2979 A		1635 C		1710 C	

¹ CONV: sistema convencional (Arado de disco + duas gradagem niveladora)

DIR: Sistema direto (sem preparo de solo)

² Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Fonte: Torres et al. (1993).

a própria soja, o que não é a prática mais adequada por não caracterizar rotação de culturas. O recomendado é utilizá-la em sistemas ordenados de rotação de culturas. Para isso, é aconselhável consultar o EMBRAPA (1991), que contém informações acerca do assunto. Também as demais Empresas de Pesquisa e Institutos possuem informações semelhantes.

O sistema radicular de algumas espécies pode provocar a descompactação do solo. Logicamente não se deve esperar que o cultivo de uma dessas espécies, por si só, seja capaz de descompactar solos adensados. Essas espécies devem ser utilizadas num programa a longo prazo, de rotação de culturas e, juntamente com uma série de outras medidas que diminuam a degradação do solo. As Figs. 13-A a 13-F mostram a resistência à penetração de solos cultivados com diferentes espécies, em plantio direto e com razoável nível de compactação. Em todos os tratamentos a resistência no perfil aumentou rapidamente até os 15 cm, onde atingiu a camada de maior adensamento. Nessa profundidade foi verificada diferença entre os tratamentos, sendo de 6.3; 6.0; 5.7; 5.3; 5.3 e 4.7 impactos/dm para a soja, *Crotalaria juncea*, milho, *Crotalaria spectabilis*, guandu e *Crotalaria mucronata*, respectivamente. Quanto maior for o número de impactos, maior será a resistência do solo. Isso evidencia que o sistema radicular de algumas espécies pode alterar a resistência do solo. Nesse trabalho, os melhores desempenhos foram da *Crotalaria mucronata*, guandu e *Crotalaria spectabilis*. Para o guandu já existem alguns sistemas recomendados de rotação de culturas. Nesses sistemas, obviamente, o guandu não substitui a espécie com fim econômico na safra de verão. O guandu é cultivado em consórcio com o milho e todas as operações de cultivo das duas espécies são mecânicas. Maiores informações também poderão ser obtidas nas publicações técnicas específicas da EMBRAPA-CNPSO e OCEPAR.

6.2. Manejo dos restos de cultivos

A quantidade dos resíduos e as operações de preparo primário (aração, escarificação, grade aradora, etc) e secundário (gradagem niveladora) influenciam a posição e a porcentagem de cobertura dos resíduos da cultura anterior que, por sua vez, influenciam a semeadura e incorporação de herbicidas (Oliveira et al., 1990). Os mesmos autores observaram que, após a colheita que deixou 90% do solo coberto pelos restos de cultivos, o preparo convencional com arado de discos e o preparo convencional com arado de aiveca, reduziram a 10% os resíduos sobre a superfície. O preparo com grade pesada deixou na superfície do solo, 35% dos restos culturais, o preparo com escarificador, 75% e, o plantio direto, 90%.

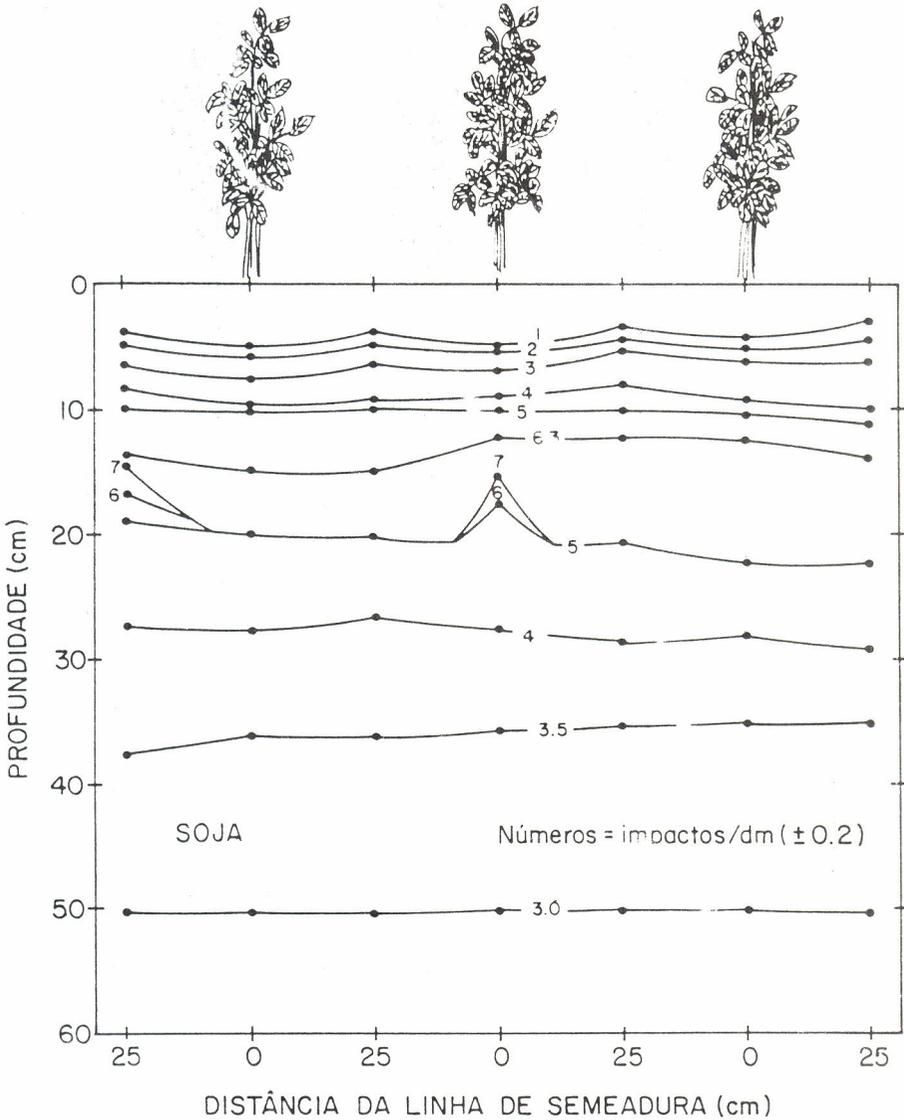


Fig. 13-A. Diagrama da resistência do solo (impactos/dm), cultivado com soja. Fonte: Torres & Neumaier (1988).

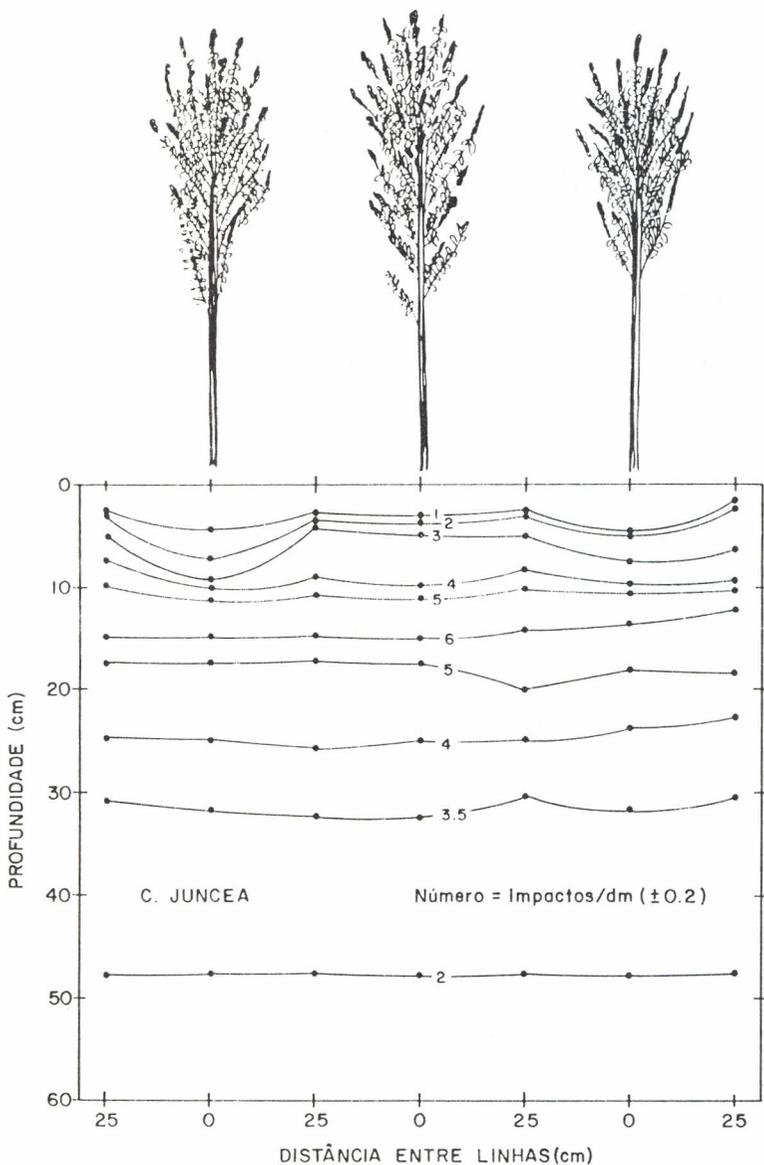


Fig. 13-B. Diagrama da resistência do solo (impactos/dm), cultivado com *Crotalaria juncea*. Fonte: Torres & Neumaier (1988).

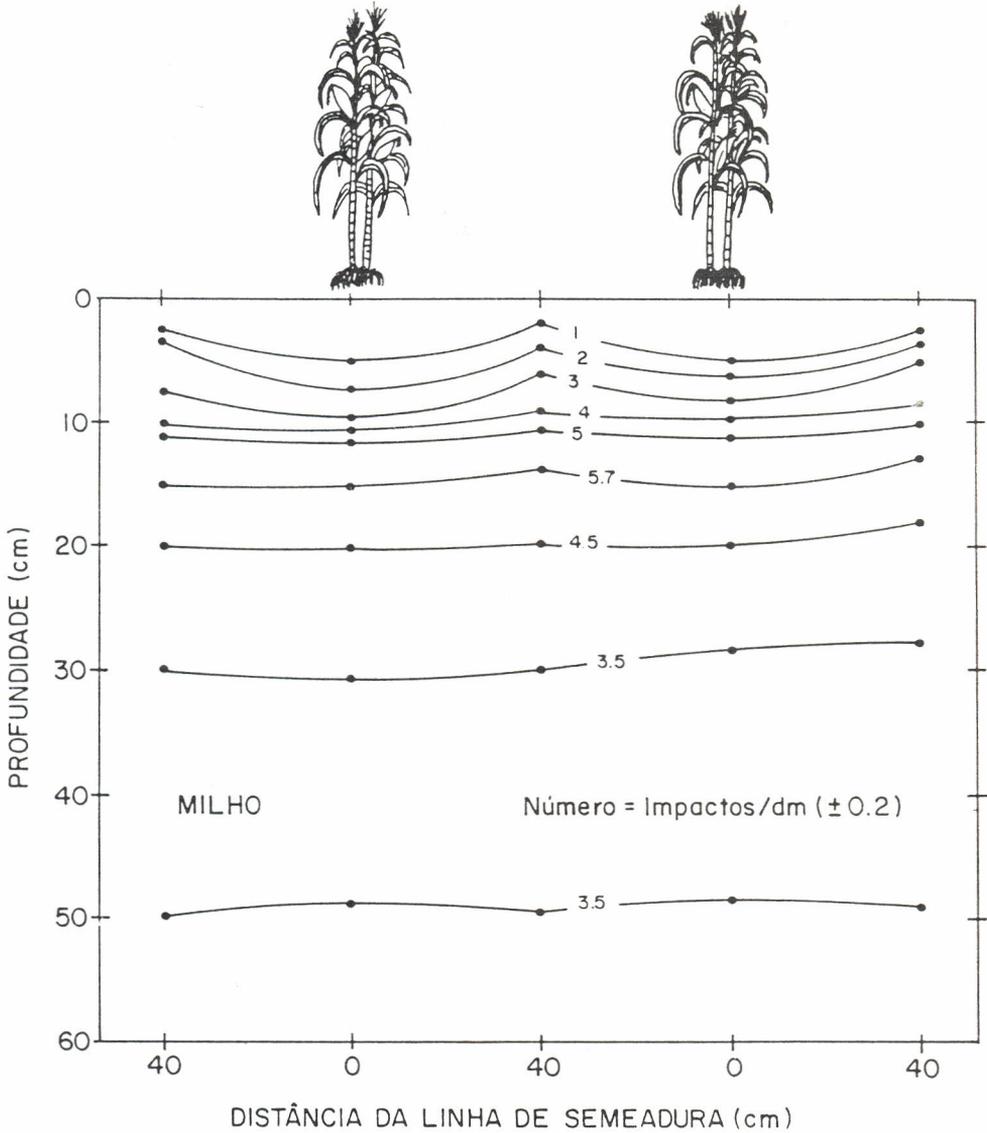


Fig. 13-C. Diagrama da resistência do solo (impactos/dm), cultivado com milho. Fonte: Torres & Neumaier (1988).

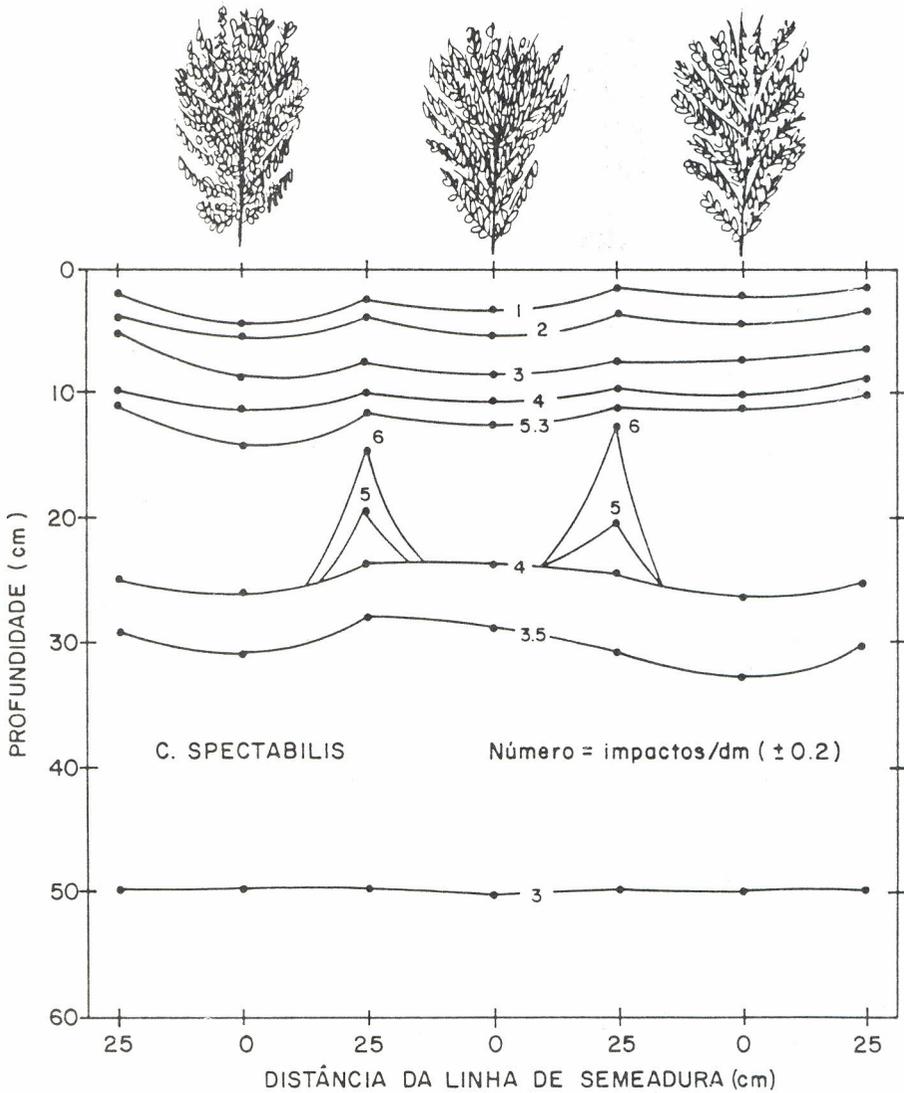


Fig. 13-D. Diagrama da resistência do solo (impactos/dm), cultivado com *Crotalaria spectabilis*. Fonte: Torres & Neumaier (1988).

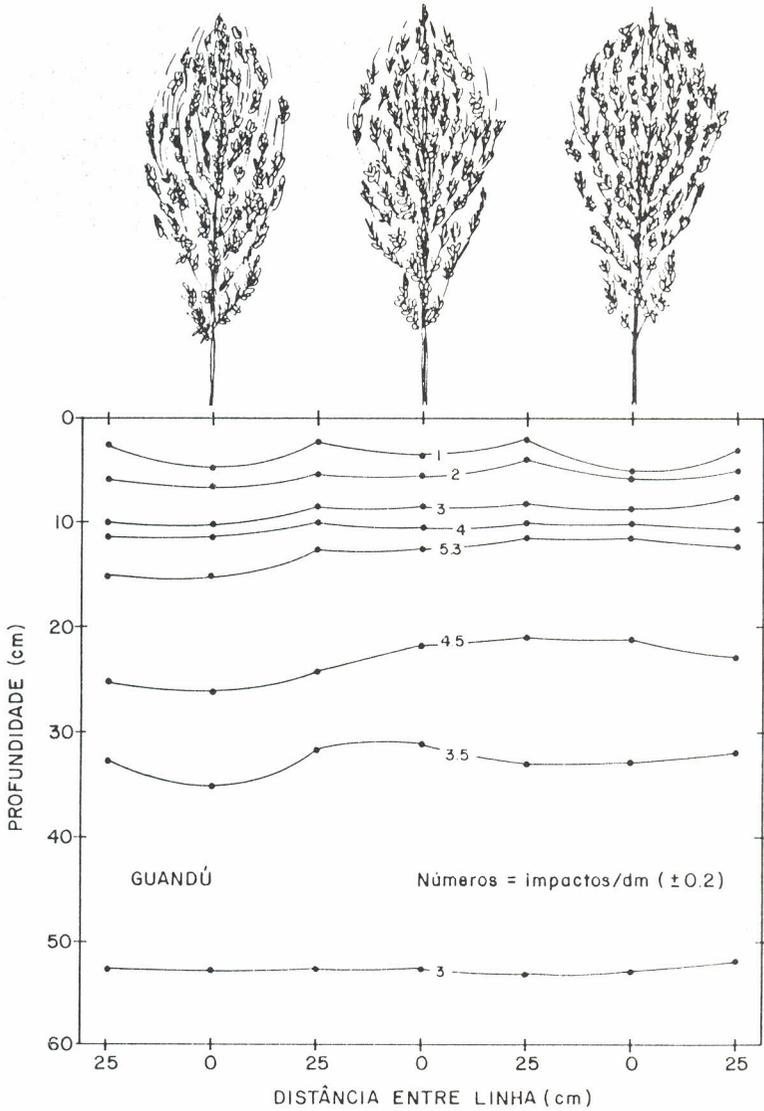


Fig. 13-E. Diagrama da resistência do solo (impactos/dm), cultivado com guandú. Fonte: Torres & Neumaier (1988).

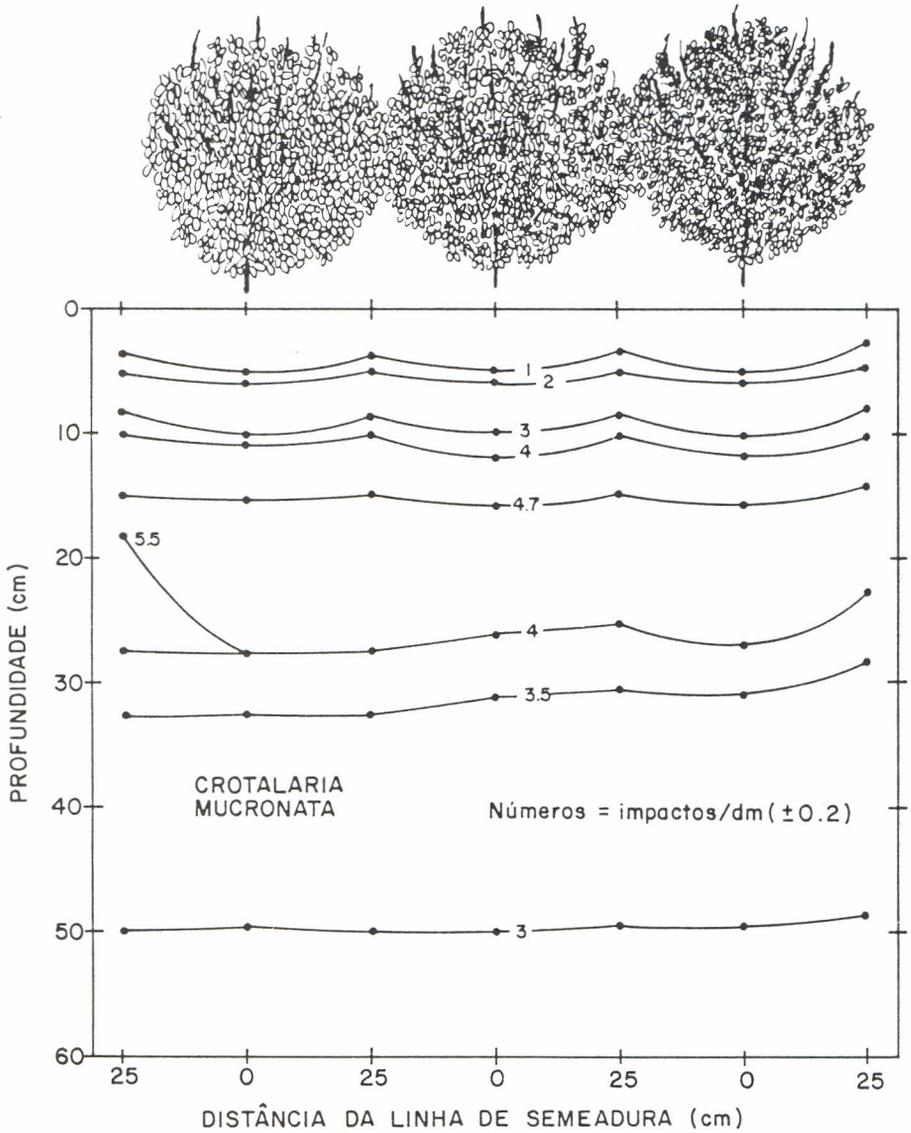


Fig. 13-F. Diagrama da resistência do solo (impactos/dm), cultivado com *Crotalaria mucronata*. Fonte: Torres & Neumaier (1988).

6.3. Como evitar a queima dos restos de cultivo

A dificuldade em manejar os resíduos deixados pelas espécies cultivadas em rotação ou em sucessão com a soja faz com que, muitas vezes, os restos de cultivos sejam queimados para facilitar as operações de preparo do solo e semeadura da soja. Exemplo disso é a queima da palha de trigo para melhorar o desempenho de semeadeiras, que se mostram pouco eficientes nessas condições de solo. Sob essas condições, é necessário preparar o solo com implementos que incorporem melhor os restos de cultivos, ou então, utilizar semeadeiras com pressão suficiente e que possuam discos à frente da unidade de distribuição de semente para facilitar o corte dos resíduos, permitindo uma boa distribuição e cobertura das sementes.

Para que os restos de cultivos não se tornem um obstáculo ao desenvolvimento das culturas subseqüentes, os primeiros procedimentos devem começar por ocasião da colheita. A colhedora deve ser regulada para que a palha seja bem picada e distribuída uniformemente sobre o terreno. Se a cultura for o milho, após a colheita é conveniente utilizar uma roçadeira para melhorar a distribuição dos resíduos. O corte das espécies destinadas à adubação verde, que são normalmente lenhosas e consistentes, poderá ser feito por ocasião da floração utilizando roçadeiras, rolo faca ou grade niveladora bem fechada. O manejo dessas espécies também pode ser feito através de dessecação com herbicidas, deixando os resíduos na superfície ou cortando-os, conforme o procedimento já discutido anteriormente.

O manejo dos restos de cultivos é, portando, uma fase importante no planejamento das operações de preparo do solo. Ao se planejar as operações é fundamental que se considere os seguintes pontos: 1) quantidade de massa seca deixada pelas culturas; 2) uniformidade de distribuição dos resíduos de cultivo sobre a superfície do solo; 3) posicionamento desses resíduos em cada um dos diferentes sistemas; e 4) informações sobre a eficiência de desempenho das semeadeiras disponíveis no trabalho em solos com grande quantidade de restos de cultivos (semi-incorporados ou na superfície).

7. SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO

7.1. Influência nas características físicas do solo

A complexidade dos fatores envolvidos no sistema agrícola, faz com que o efeito dos sistemas de preparo nos parâmetros físicos do solo nem sempre seja conseguido da maneira desejada. Assim, em algumas situações podem ocorrer ou não, as diferenças discutidas ou esperadas entre os sistemas de preparo. Os principais fatores que podem provocar ou não essas diferenças sob o ponto de vista físico, são o tipo de solo, o clima, o próprio manejo do solo e o tipo e intensidade de mecanização (Vieira, 1981).

De maneira geral, algumas diferenças podem ser observadas comparando-se as características físicas do solo entre os diferentes sistemas de preparo. A resistência do solo ao penetrômetro é menor nos sistemas de preparo com escarificador (Torres et al., 1987a) e no sistema convencional com arado de aiveca (Oliveira et al., 1990). Essa menor resistência pode estar relacionada com o modo de atuação e a vibração das hastes do escarificador e à maior profundidade de trabalho do arado de aiveca. Por outro lado, os sistemas de semeadura direta e com grade pesada são os que provocam maior resistência do solo. No sistema direto, a resistência aumenta a partir de poucos centímetros da superfície do solo, tornando-se mais intensa entre 8 e 15 cm, diminuindo, posteriormente. No sistema com grade pesada, o aumento da resistência inicia logo abaixo da camada superficial revolvida, tornando-se mais intensa entre 12 a 20 cm e diminui logo depois. Essa camada de impedimento é causada pelo preparo contínuo do solo, sempre à mesma profundidade. Da mesma forma, Goense (1987), comparando os sistemas de semeadura direta, convencional com arado de disco e com enxada rotativa, em solos do trópico úmido do Suriname, observou que a resistência do solo foi maior no sistema direto, comparado aos demais, porém em profundidades e intensidades diferentes dos estudos discutidos anteriormente.

A densidade e a porosidade do solo tem estreita correlação com a resistência ao penetrômetro. No entanto, essa correlação pode não ocorrer caso a amostragem para determinação da densidade não coincida com a camada de maior resistência do solo. Isso pode, inclusive, dificultar ou mascarar a comparação entre tratamentos de preparo do solo. De maneira geral, a densidade aparente é mais elevada nos sistemas que preparam o solo mais superficialmente e que provocam maior compactação. No caso da grade pesada isto ocorre, na maioria das vezes, na profundidade de 10 a 20 cm. Nesse caso, ocorre também redução da porosidade total e macroporosidade (Torres et al., 1987a e Oliveira et al., 1990). Já Dedeczek et al. (1986), comparando sistemas de preparo do solo e profundidade de incorporação de fertilizantes, não observaram diferenças na densidade aparente entre os sistemas de preparo, provavelmente, devido à profundidade de preparo ter sido além de 30 cm para todos os sistemas.

A estabilidade dos agregados do solo é um parâmetro que, de certa forma, indica o grau de preservação da estrutura, proporcionado pelos diferentes sistemas de preparo do solo. Normalmente, solos bem estruturados apresentam boas condições de aeração, de infiltração e armazenamento de água, e de equilíbrio da população de microorganismos do solo.

Em resumo, pode-se dizer que a formação de agregados estáveis depende da floculação e cementação dos colóides do solo. A floculação é um fenômeno eletrocinético que depende da concentração, do raio iônico, e da valência dos cátions presentes no solo. Porém, não pode ser considerada como sinônimo de agregados estáveis, porque a qualidade final da agregação vai depender da cementação. A cementação é o processo que confere estabilidade aos agregados, mantendo as partículas primárias firmemente unidas de modo que os agregados não se desfazem na presença de água. Os principais agentes cementantes são a matéria orgânica, os resultantes da atividade de microorganismos (fungos, actinomicetos e bactérias), os exudatos de plantas, etc. Nos latossolos, os resquícios de ferro e alumínio também são considerados importantes agentes de estrutura. Tanto a floculação como a cementação podem ser afetadas pelas práticas de manejo do solo, seja pelas formas e quantidades dos adubos e corretivos, como pelos sistemas de preparo do solo ou rotação de culturas utilizados.

Os agregados de diâmetro compreendidos entre 1 a 5 mm parecem ser os mais importantes para o desenvolvimento das plantas, provavelmente, porque promovem melhores condições para a aeração, permeabilidade de água, trocas gasosas e temperatura do solo, e conseqüentemente, melhores condições para o desenvolvimento radicular das plantas. Essa classe de agregados também é de grande importância devido à correlação positiva existente entre os agregados maiores e o conteúdo de matéria orgânica. Carter (1992) observou que os agregados compreendidos entre 1 e 2 mm de diâmetro foram os que apresentaram maiores teores de matéria orgânica, evidenciando assim a importância da associação entre os colóides orgânicos e a agregação do solo. A importância relativa da matéria orgânica aumenta nos solos arenosos.

Os resultados de agregação do solo em resposta às práticas de manejo variam entre os diferentes locais. Porém, a maioria dos trabalhos evidenciam melhoria na agregação do solo com a utilização do plantio direto em relação a outros sistemas de preparo (Abrão et al., 1979, Ramos, 1981 e Torres et al., 1988a). Alguns desses resultados são mostrados detalhadamente na Tabela 5. Os implementos de discos, principalmente a grade pesada, tendem a desestruturar mais o solo em relação aos de aivecas e de hastes. Assim, Oliveira et al., (1990) verificaram melhor agregação do solo, além do plantio direto, nos sistemas com arado de aiveca e escarificador. Já Dedecek et al. (1986), em solos do cerrado, não observaram diferenças dos índices de agregação entre os diferentes sistemas de preparo do solo, dentre os quais estava o plantio direto.

TABELA 5. Valores médios de estabilidade de agregados (%) observados em quatro sistemas de preparo do solo. EMBRAPA-CNPSO. Londrina, PR. 1987.

Tratamento	Peneiras (mm)				Solo perdido	Somatória	
	4	2	1	0.210		(4+2)	(0.210+S.P.) ¹
A- Plantio direto	46,8 a ²	17,9 ³	10,4 c	23,0 b	1,9 b	64,7 a	24,9 b
B- Preparo convencional	24,0 b	16,4	16,0 a	36,6 a	7,0 ab	40,4 b	43,6 a
C- Preparo com grade pesada	21,1 b	17,0	13,8 b	36,9 a	11,2 a	38,1 b	48,1 a
D- Preparo com escarificador	22,7 b	17,0	13,6 b	35,4 a	11,2 a	39,7 b	45,6 a

¹ S.P.: Solo perdido.

² Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

³ Não se verificou efeito significativo pelo teste de F ao nível de 5%.

Fonte: Torres et al. (1988a).

O teste de infiltração de água é uma forma de prever a capacidade de absorção e escoamento de água no solo. Em geral, os implementos que preparam o solo superficialmente, provocam, logo abaixo da camada revolvida, uma outra camada compactada de baixa permeabilidade que reduz a taxa de infiltração. O tipo de solo e sua cobertura também exercem influência sobre esse parâmetro. Na maioria dos casos, a infiltração é medida pelo método dos anéis concêntricos os quais podem apresentar resultados distintos daqueles observados com chuva artificial, o que pode explicar, em parte, as diferenças observadas por diferentes autores. Mondardo et al. (1979) observaram em latossolo vermelho-escuro, que o escoamento superficial de água (parâmetro correlacionado com a infiltração) verificado no sistema de plantio direto foi semelhante aos demais sistemas de preparo do solo. Porém, em latossolo roxo, o escoamento foi maior no sistema de plantio direto. Oliveira et al. (1990) também observaram menor infiltração (maior escoamento) no sistema direto, comparado ao solo preparado com escarificador e arado de aiveca. Os autores, no entan-

to, consideram que a taxa de infiltração poderá ser superior no sistema direto se o método utilizado for de chuva simulada. Isso porque a cobertura do solo por restos de cultivos e a presença de canaliculos resultantes da decomposição de raízes e da atividade de microorganismos, passam a desempenhar um papel importante na penetração de água no solo. No entanto, outros trabalhos mostram que o sistema direto é o mais eficiente para melhorar a infiltração e o armazenamento de água no solo (Kemper & Derpsch, 1981, Sidiras et al., 1983, Centurion & Demattê, 1985 e Derpsch et al., 1986). Já Bertol et al. (1987) e Castro et al. (1986) concluíram que o preparo mais profundo, principalmente com implementos de hastes, é a melhor técnica para aumentar a infiltração de água no solo e diminuir a erosão, sendo, inclusive, mais importante que a cobertura do solo por restos de cultivo.

A capacidade de infiltração é bastante influenciada pela intensidade de manejo a que o solo é submetido e pelo tipo de cobertura (Fig. 14). A infiltração, normalmente, é bastante elevada no solo mantido sob vegetação natural (floresta), diminuindo drasticamente com o passar dos anos devido ao cultivo intensivo, alcançando valores mínimos após vários anos de lavoura. Essa baixa taxa de infiltração está diretamente relacionada com as perdas de solo e nutrientes que são levados junto com a água que escorre pela superfície do solo.

7.2. Influência nas características químicas do solo

Os níveis e a distribuição de nutrientes no solo são influenciados pelo seu manejo, seja pela mudança das suas características físicas, que afetam o movimento dos íons no solo, ou pela erosão que provoca a perda dos nutrientes junto com o solo, ou ainda pelas características diferenciadas de trabalho de cada implemento ao distribuir os nutrientes de diferentes modos e profundidade.

A Tabela 6 mostra as características químicas do solo, após seis anos de cultivo em quatro sistemas de preparo: plantio direto; convencional com arado de disco, grade pesada e escarificador, seguidos de duas gradagem niveladora. O pH não sofreu variação em função do sistema de preparo. O plantio direto concentrou o fósforo na camada superficial do solo (0-7 cm), fato caracterizado pela baixa mobilidade desse elemento e pela adubação superficial que ocorre todos os anos. Porém, não foi só o plantio direto que concentrou o fósforo na superfície. A grade pesada e o escarificador também causaram problema semelhante, só que numa profundidade um pouco maior, de 0 a 14 cm. Em ambos os casos a concentração superficial do fósforo foi devido às características de trabalho dos implementos. A grade pesada trabalha apenas uma pequena camada de solo e o escarificador rompe o solo sem inversão da camada trabalhada. O arado de disco foi o implemento que distribuiu melhor o fósforo no solo.

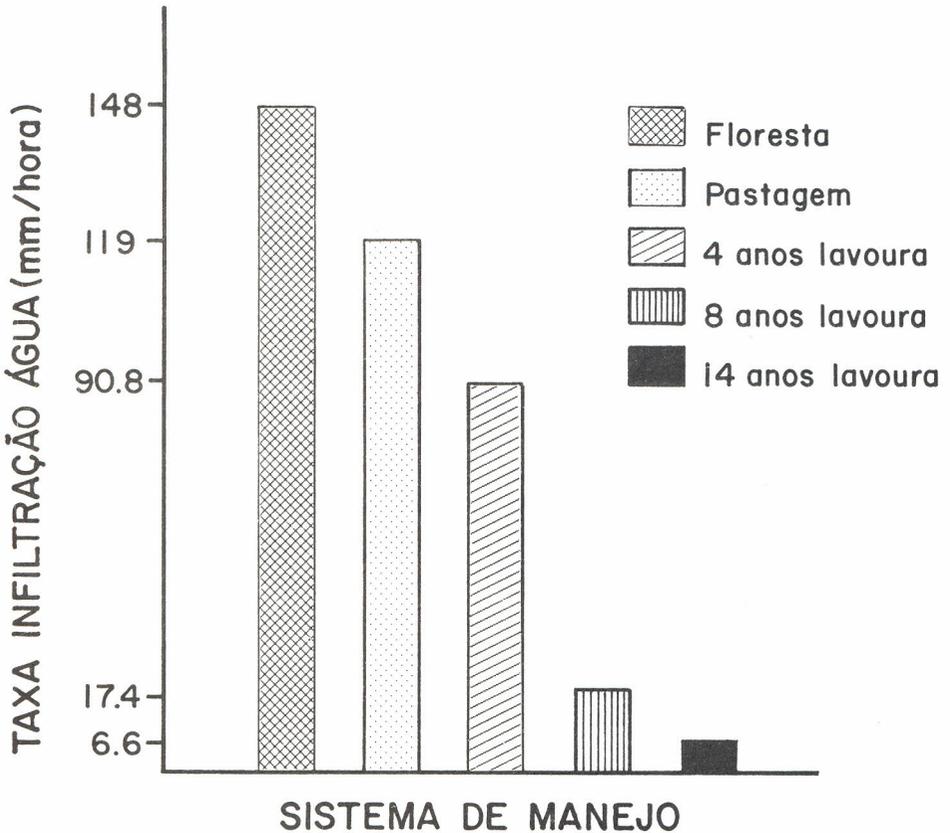


Fig. 14. Velocidade de infiltração de água, após nove horas, em solo sob diferentes usos. Fonte: Machado (1976).

Os teores de potássio, na profundidade de 0 a 7 cm, foram maiores no sistema direto, grade pesada e escarificador, principalmente em relação ao arado de disco que apresentou menor valor de todos os tratamentos. Apesar de ser considerado móvel no solo, os teores desse elemento decresceram no perfil do solo em todos os sistemas, demonstrando pouca mobilidade.

A distribuição do cálcio foi uniforme nos quatro sistemas até os 21 cm, decrescendo a partir desta profundidade. Esse resultado mostra que o cálcio foi bastante influenciado pela incorporação inicial de calcário. Para o magnésio, a ten-

TABELA 6. Valores médios de pH e de alguns nutrientes analisados em quatro profundidades, e em quatro sistemas de preparo do solo. EMBRAPA-CNPSO. Londrina, PR. 1987.

Profundidade (cm)	Plantio direto	Preparo convencional (arado de disco)	Preparo com grade pesada	Preparo com escarificador
pH - CaCl₂				
0-7	5.02 ^{ns}	4.97	5.05	4.97
7-14	5.00	4.97	5.07	4.97
14-21	4.97	5.00	5.15	4.97
21-28	4.82	4.95	4.90	4.97
Fósforo - ppm				
0-7	54.2 Aa ¹	43.7 Aa	40.3 Aab	53.8 Aa
7-14	37.8 Bb	55.7 Aa	48.1 ABa	46.5 ABa
14-21	15.5 Bc	42.9 Aa	28.1 Bb	25.4 Bb
21-28	6.3 Ad	14.1 Ab	9.2 Ac	8.9 Ac
Potássio - meq/100 ml				
0-7	0.69 Aa	0.47 Ba	0.67 Aa	0.55 Ba
7-14	0.46 Ab	0.39 Ab	0.50 Ab	0.40 Ab
14-21	0.28 Ac	0.34 Abc	0.37 Ac	0.29 Ac
21-28	0.13 Bd	0.29 Ac	0.24 ABd	0.17 ABd
Cálcio - meq/100 ml				
0-7	2.23 Aa	2.05 Aa	2.25 Aa	2.10 Aa
7-14	2.22 Aa	2.01 Aa	2.16 Aa	2.08 Aa
14-21	1.99 Aa	2.01 Aa	2.09 Aa	1.99 Aa
21-28	1.50 Ab	1.66 Ab	1.52 Ab	1.63 Ab
Magnésio - meq/100 ml				
0-7	0.42 Aa	0.39 Aab	0.45 Aa	0.41 Aa
7-14	0.40 Aab	0.40 Aa	0.45 Aa	0.40 Aa
14-21	0.36 Ab	0.41 Aa	0.43 Aa	0.37 Aab
21-28	0.30 Ac	0.35 Ab	0.35 Ab	0.35 Ab
Carbono - (%)				
0-7	2.01 Aa	1.58 Ba	1.70 Ba	1.82 ABa
7-14	1.89 ABa	1.64 Ba	1.93 Aa	1.76 ABa
14-21	1.45 Ab	1.64 Aa	1.69 Aa	1.43 Ab
21-28	1.03 Ac	1.20 Ab	1.21 Ab	1.16 Ab

^{ns} não significativo pelo teste de F, ao nível de 5%.

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

Fonte: Torres et al. (1988).

dência foi bastante semelhante a do cálcio. Não foram verificadas diferenças entre os sistemas. Entretanto, os níveis de magnésio decresceram mais acentuadamente no sistema direto do que nos demais. Os teores de Mg no plantio direto foram menores a partir dos 21 cm.

O carbono (C) utilizado para calcular os teores de matéria orgânica no solo, foi mais elevado na profundidade de 0 a 7 cm no sistema direto, sem diferir estatisticamente do escarificador. Isso evidencia que principalmente, o plantio direto e depois o escarificador, são sistemas de manejo do solo que apresentam melhores condições de preservar a matéria orgânica, e conseqüentemente, as condições físicas do solo, especialmente na camada superficial. O teor de carbono em área preparada com arado de disco comparado à grade pesada, foi estatisticamente semelhante na profundidade de 0 a 7 cm e inferior na de 7-14 cm. Embora esse resultado não fosse esperado, é possível que ocorra, já que a erosão que acontece na área preparada com grade pesada tende a ser subestimada em condições experimentais.

7.3. Influência na produtividade da soja

Somente uma conservação de solo adequada poderá manter a produtividade da soja, a níveis econômicos, numa exploração agrícola a longo prazo. As vantagens aparentes de economia de tempo e de menor consumo de energia proporcionadas pelo uso de alguns implementos que preparam o solo superficialmente e que provocam excessiva compactação e erosão poderão, no futuro, inviabilizar o cultivo da soja em muitas regiões produtoras.

No Rio Grande do Sul, Goepfert & Abrão (1981) e Abrão et al. (1982) não observaram diferença na produtividade da soja comparando vários sistemas de preparo do solo durante quatro e seis anos, respectivamente. Os sistemas estudados foram o plantio direto, o preparo reduzido com grade pesada, o preparo reduzido com escarificador e o preparo convencional com arado de disco (Tabela 7). Torres (1987) estudando três cultivares de soja e três épocas de semeadura (Tabela 8), não observaram diferenças na produtividade da soja entre o plantio direto e o convencional com arado de disco. Essa ausência de efeito está, provavelmente, relacionada à distribuição das parcelas experimentais, que não permitem simular as perdas de solo e nutrientes por erosão que ocorrem em alguns sistemas em condições de cultivo extensivo.

Mais recentemente, os trabalhos de pesquisa começaram a dar grande ênfase ao manejo do solo associado ao cultivo de espécies visando a cobertura do solo. Essa interação é muito importante para cultivos sob condições tropicais já que a cobertura do solo com os restos de cultivos podem influenciar a performance das

culturas (Lal, 1989). Nessa linha de trabalho, Sidiras et al. (1983) observaram maior produtividade da soja no plantio direto em relação aos demais sistemas estudados. Resultados semelhantes também foram observados por Centurion & Demattê (1985), em condições de solo do cerrado brasileiro e sob clima da região central do Brasil.

Os sistemas que preparam o solo a uma maior profundidade e que provocam menor compactação, também têm mostrado vantagens sobre aqueles que preparam mais superficialmente e que compactam mais o solo. No Paraná, Oliveira et al. (1990) obtiveram maior produtividade na soja utilizando o sistema convencional com arado de aiveca comparado ao plantio direto, preparo reduzido com grade pesada e preparo reduzido com escarificador. Ainda no Paraná, Torres et al. (1989), estudando duas cultivares de soja e cinco sistemas de preparo do solo e rotação de culturas, observaram que quando a fase de enchimento de grãos de soja coincidiu com períodos de deficiência hídricas, o sistema que preparou o solo mais superficialmente causou a redução do rendimento. Esse resultado coincide com as afirmações de Nogueira & Manfredini (1983), que concluíram que a compactação do solo pode ser responsável pela queda da produtividade da soja, em condições de deficiência hídrica.

TABELA 7. Rendimento de grãos de soja obtido em diferentes sistemas de preparo do solo. CEP-FECOTRIGO. Cruz Alta, RS. 1972.

Métodos de preparo	Ano						Média
	1975/76	1976/77	1978/79	1979/80	1980/81	1981/82	
1. Plantio Direto	3840	3024	2471	1693	2694	2083	2635
2. Grade Pesada	3735	3383	2801	1472	3025	2600	2652
3. Convencional (aração)	3656	2388	2739	1441	3038	2654	2652
4. Subsolação	3540	2193	2705	1802	3045	2706	2665
5. Pé-de-pato	3611	2131	2655	1823	2935	2773	2654

Fonte: Abrão et al. (1982).

TABELA 8. Rendimento de grãos de soja (kg/ha) obtidos em dois sistemas de cultivo nos últimos quatro anos de um total de oito anos de experimento. EMBRAPA-CNPSO. Londrina, PR. 1985.

Época de semeadura	Cultivar	1981/82		1982/83		1983/84		1984/85	
		SD ¹	SC ¹	SD	SC	SD	SC	SD	SC
Época 1 20/10	Paraná	2875	2452	2486	2379	3136	2748	2578	2074
	Bossier	2964	2219	2372	2186	2885	2948	2330	2280
	Santa Rosa	3024	2755	2443	2323	2040	1950	2630	2353
	\bar{X}	2954A	2475A	2434	2296	2687	2549	2513	2236
Época 2 20/11	Paraná	2438	2313	1977	2268	2603	2750	2166	2267
	Bossier	2007	2588	2433	2474	2392	2305	2046	2084
	Santa Rosa	2662	2395	2381	2244	1722	1817	2467	2104
	\bar{X}	2369A	2432A	2264	2329	2239	2291	2226	2152
Época 3 03/01	Paraná	1103	1619	1344	1427	354	510	1428	1662
	Bossier	1582	2034	1421	1554	486	4251	1558	1657
	Santa Rosa	1423	2174	1714	1788	675	688	1936	1898
	\bar{X}	1309B	1942A	1493	1590	505	541	1641	1739
TOTAL		2211	2283	2064	2072	1810	1794	2127	2042
Média	Sistema Direto			2053					
	Sistema Convencional			2048					

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5%.

¹ SD = Sistema direto

SC = Sistema convencional com arado de disco.

Fonte: Torres (1987).

8. SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO UTILIZADOS NO CULTIVO DE SOJA

Os métodos de manejo do solo e de cultivo da soja nas principais regiões produtoras são, em grande parte, adaptados dos países de clima temperado e de maior tradição no cultivo da soja. Especificamente no caso do preparo do solo, os princípios são os mesmos, apenas com algumas mudanças nos implementos e nos

veículos de tração em função das particularidades de cada região. Como exemplo, pode ser citado o arado de aiveca, que é utilizado naqueles países, e que no Brasil foi substituído pelo arado de disco para facilitar o trabalho em áreas recém desmatadas. Posteriormente, o arado de disco acabou sendo, quase que totalmente incorporada ao processo de cultivo de soja.

O tamanho da área a ser preparada e o grau de conscientização sobre o problema de degradação dos solos são fatores que, normalmente, determinam a preferência do sistema de preparo a ser utilizado para o cultivo da soja. O baixo consumo de energia e a economia de tempo para as operações de preparo são, frequentemente, as maiores preocupações nas áreas mais extensas de produção. Conseqüentemente, a erosão e degradação de solo são problemas comuns nessas áreas. Apesar disso, algumas regiões atingem um bom nível de conscientização sobre a preservação adequada do solo.

O preparo do solo, na maioria das vezes, é realizado de maneira inadequada, sem observar critérios técnicos, feito com máquinas e implementos impróprios e/ou em condições inadequadas de umidade de solo. Além disso, o excessivo tráfego de máquinas para realizar operações de cultivo (semeadura, aplicação de herbicidas e outros defensivos, capina mecânica, colheita, etc), resultam em um número também excessivo de operações de tráfego sobre o solo, provocando a redução dos teores de matéria orgânica e a desestabilização de outros agentes de estrutura. O resultado é a desagregação dos solos e, conseqüentemente, aumento da susceptibilidade à compactação. Esses solos após o preparo, voltam a se compactar logo em seguida sob a simples ação de chuvas e/ou pelas primeiras operações com máquinas e implementos. Em razão desses problemas induzidos, os objetivos do preparo do solo, que deveriam ser para eliminar plantas daninhas e de dar condições para a germinação das sementes, atualmente são para corrigir os problemas, principalmente de compactação, provocados pelas operações de cultivos anteriores.

Na verdade, todas as operações de mobilização e de tráfego sobre o solo podem provocar a sua degradação. No entanto, essa degradação pode ser minimizada desde que o preparo seja feito com a umidade adequada do solo. Da mesma forma, o manejo dos restos de cultivos, a profundidade de trabalho e distribuição dos nutrientes e corretivos, quando feitos corretamente, diminuem os problemas de degradação. Informações sobre os implementos e sistema de preparo são também importantes na tomada de decisão visando reduzir os efeitos do preparo do solo na compactação.

8.1. Preparo convencional com arado de disco

O arado de disco é mais eficiente do que o arado de aiveca em áreas recentemente desmatadas, onde os restos de raízes e galhos de árvores são deixados na área. Além disso, o desconhecimento das vantagens e desvantagens do arado de aiveca e de outros implementos, fizeram com que o arado de disco tenha sido adotado praticamente, como o único implemento de preparo primário. Isso prevalece mesmo atualmente, após os solos estarem livres dos restos do desmatamento.

O arado de disco penetra no solo auxiliado pelo peso da estrutura do implemento e pelos bordos afiados do disco. O implemento é deslocado para frente, imprimindo um movimento giratório aos discos, o que ajuda a cortar o solo (Mialhe, 1967) provocando o revolvimento e incorporando adequadamente os nutrientes e corretivos. O arado de discos trabalha o solo, a uma profundidade de 20 a 25 cm, podendo atingir maiores profundidades desde que os discos sejam de maior diâmetro ou se a textura do solo for arenosa. De modo geral, os nutrientes são distribuídos em gradiente, no perfil do solo, com a concentração tendendo a ser mais elevada nas camadas superficiais. A profundidade de trabalho pode ser influenciada pelo tipo e quantidade de restos de cultivos. A Fig. 15 mostra a resistência de um solo preparado com arado disco em quatro sistemas de cobertura do solo: pousio, palhada de trigo, aveia preta rolada e aveia preta com a retirada da parte aérea. O arado de disco teve uma única regulagem para todos os tratamentos. No pousio, que apresentava um pequeno número de plantas invasoras, o arado de disco preparou o solo a ± 20 cm, porém na palhada de trigo, a profundidade de trabalho diminuiu, sendo de ± 12 cm. Na aveia rolada, a redução da profundidade foi mais drástica ainda, atingindo apenas ± 10 cm. O sistema radicular da aveia preta também afetou negativamente o desempenho do arado de disco. Vale lembrar que o mesmo problema já foi observado em solos com restos de cultivos de milho. Em solos com grandes quantidades de palha, o arado de aiveca faz um melhor trabalho de incorporação do que o de disco. No entanto, se o arado de disco for a única opção, os bordos dos discos deverão estar bem conservados e afiados e o trator deverá ter potência suficiente e ser compatível com as exigências do implemento. Os arados, com discos de maior diâmetro ou recortados apresentam melhor desempenho em solos com grandes quantidade de restos de cultivos, desde que a potência do trator seja dimensionada para tracionar o implemento.

Os gastos de tempo e de energia para o preparo de solo com o arado de disco são menores que o arado de aiveca, semelhantes ao escarificador e maiores do que a grade pesada.

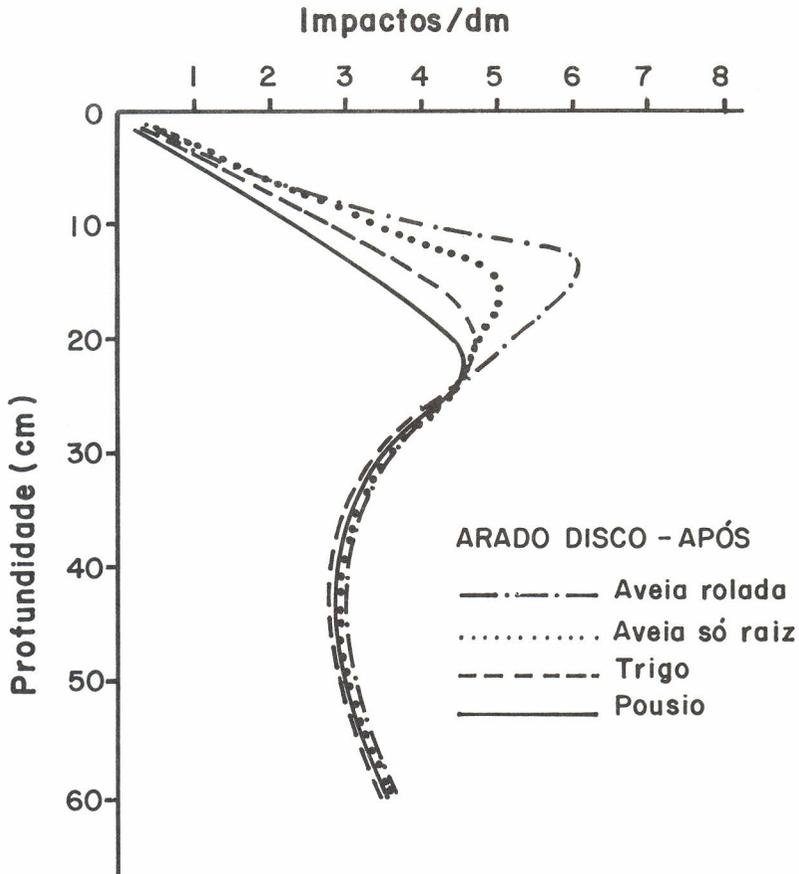


Fig. 15. Resistência ao penetrômetro de solo quando preparado com arado de disco, em quatro condições de cobertura. Fonte: Adaptado de Torres et al. (1989a).

8.2. Preparo convencional com arado de aiveca

Uma das principais vantagens deste implemento em relação aos demais é a capacidade de inversão das leivas proporcionadas pelas aivecas. O princípio de trabalho e o formato das aivecas possibilitam que a mesma rompa o solo em camadas mais profundas do que o arado de disco. Além de proporcionar uma melhor preservação dos agregados do solo, o arado de aiveca oferece melhor condição para o controle de plantas daninhas e enterrio dos restos de cultivos.

As aivecas são, na sua maioria, cilíndricas, cilindróides, semi-helicoidais e helicoidais. As helicoidais e as semi-helicoidais destinam-se mais a trabalhos superficiais. Para tração animal, as aivecas utilizadas são as cilindróides e as cilíndricas, enquanto que para tração mecânica, são utilizadas as semi-helicoidais e também as cilindróides. A Fig. 16 mostra os tipos helicoidal e cilíndrica. A cilindróide e semi-helicoidal são tipos intermediários entre os dois já citados.

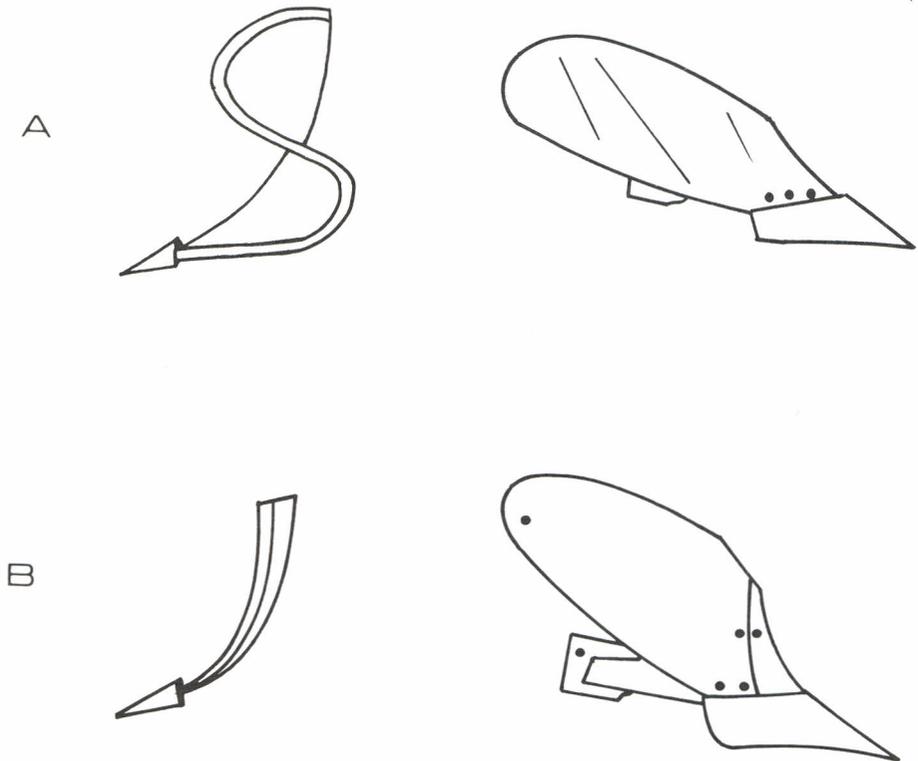


Fig. 16. Tipos de aivecas. A) helicoidal e B) cilíndrica. Fonte: Barthelemy et al. (1987).

Segundo Balastreire (1987), além desses tipos básicos de aivecas, existem algumas variações que são utilizadas de acordo com as características do solo e do trabalho desejado (Fig. 17). A aiveca utilizada para solos pesados (argilosos) devem ser compridas, estreitas e de pouca curvatura para facilitar a penetração no solo. A

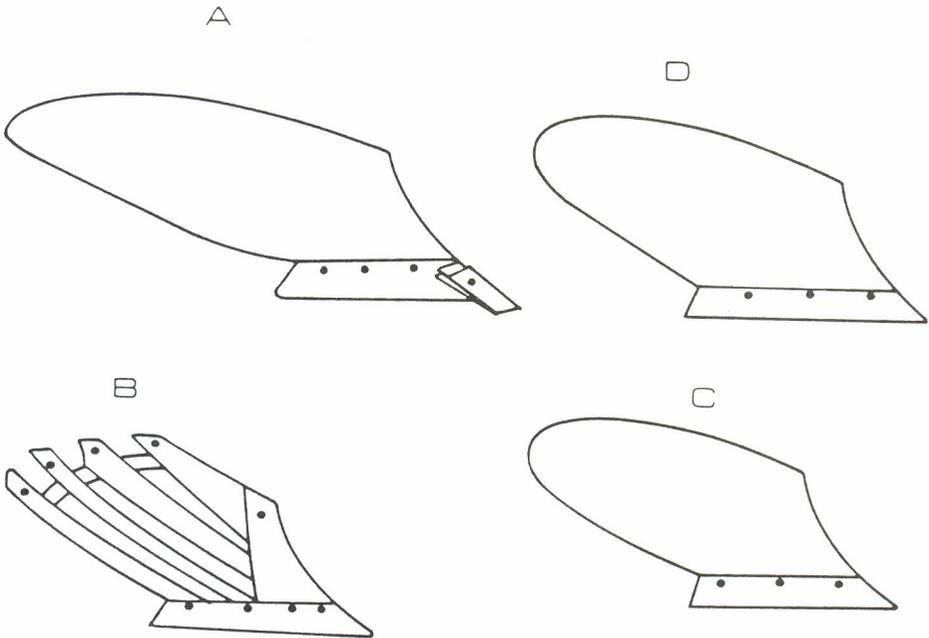


Fig. 17. Concepções de aivecas para diversos tipos de solo. A) Uso geral, solos argilosos; B) solos pegajosos; C) solos com resteva; D) uso geral, solos leves e/ou com restevas: Fonte: Balastreire (1987).

aiveca para solos leves deve ser mais curta, larga e com grande curvatura. Se esse tipo de aiveca for usado em solos pesados tende a apresentar baixa capacidade de penetração. Para os solos argilosos e pegajosos, as aivecas devem ter as chapas recortadas para reduzir a aderência do solo. As aivecas indicadas para o enterrio de grandes quantidades de restos de cultivos devem ter maior curvatura, para facilitar o trabalho.

Os arados de aivecas tendem a exigir maior potência de tração para uma mesma largura de trabalho, principalmente se o arado for reversível em razão do maior peso. Porém, isso é compensado pela sua capacidade de inversão da leiva, controle de plantas daninhas e incorporação dos resíduos de cultivos. Em terrenos pedregosos e recém desmatados, os arados de aivecas têm seu desempenho prejudicado.

8.3. *Preparo reduzido com escarificador ou subsolador*

Depois do plantio direto, o preparo com escarificador é o que deixa maior quantidade de restos de cultivos sobre a superfície do solo. Os implementos de hastes provocam menor desagregação e compactação no solo em comparação ao arado de disco e, principalmente, à grade pesada. Nos subsoladores ou escarificadores, as hastes se aprofundam no solo devido à sua conformação inclinada. Durante o trajeto de preparo, atuam comprimindo o solo para frente e para cima, promovendo ruptura das estruturas do solo à frente e ao lado da haste (Casão Junior et al., 1990). O ângulo de inclinação das hastes determina o esforço de tração. Com o uso dos implementos de haste, o desadensamento do solo será mais efetivo se este estiver com umidade friável tendendo a seco e se a distância entre as hastes do implemento for de 1,0 a 1,3 vezes a profundidade de trabalho. Uma das maneiras de verificar se o trabalho do escarificador ou subsolador está sendo efetivo é, com a ajuda de uma enxada, abrir uma pequena trincheira no sentido transversal à linha de corte dos implementos e verificar se o solo compreendido entre os rastros deixados pelas hastes está solto ou todo rachado. Se isso não acontecer, provavelmente, o solo foi preparado com muita umidade ou a distância entre hastes foi inadequada. A principal diferença entre escarificador e subsolador, além da conformação mais robusta do subsolador, é a profundidade de trabalho. O escarificador trabalha a uma profundidade média de 25cm, o que é normalmente suficiente para quebrar as camadas compactadas que se localizam entre 15 e 20cm de profundidade. O subsolador trabalha a uma profundidade de 30 a 50cm. Os trabalhos de subsolagem, abaixo de 30 cm, só deverão ser feitos se a camada compactada estiver a essa profundidade. Caso contrário, devem ser evitados.

Em função da grande quantidade de resíduos que permanecem na superfície após o preparo com escarificador, as sementeiras utilizadas deverão possuir dispositivos de pressão e de corte que permitam que a semeadura seja feita de modo a favorecer a distribuição e germinação das sementes. Os gastos de energia e de tempo, neste sistema, são semelhantes aos observados com arado de disco e maiores do que os observados quando se utiliza a grade pesada. Os escarificadores não são efetivos no controle de plantas daninhas e seu uso contínuo, por vários anos, tende a concentrar os nutrientes nos horizontes superficiais do solo. Os custos de produção serão menores e o solo melhor preservado se o uso de grade niveladora, após a escarificação, puder ser evitado, o que não é fácil de ser conseguido. A Fig. 18 mostra alguns tipos de hastes de escarificadores.

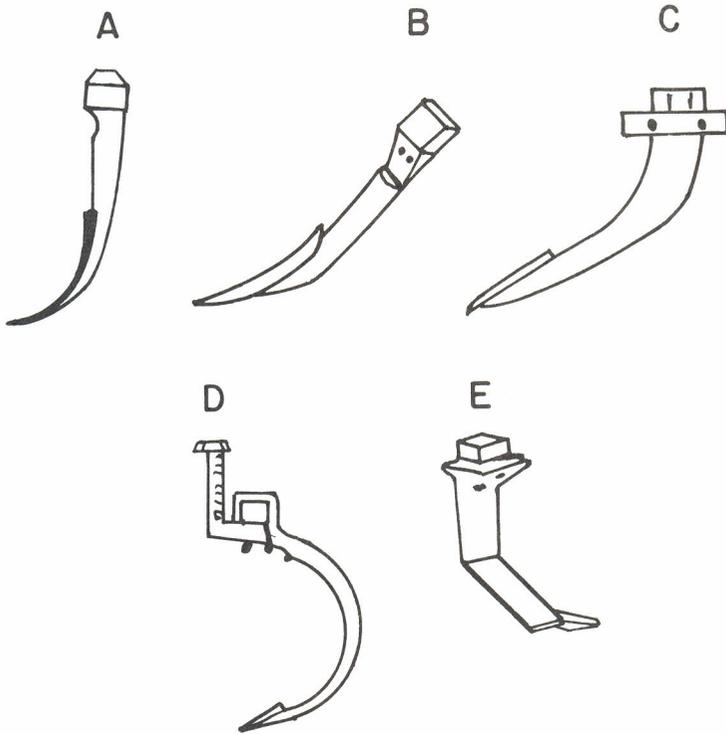


Fig. 18. Formato de hastes de escarificadores e subsoladores: A) Reta vertical; B) Reta inclinada; C) Parabólica; D) Curvo e E) Inclinada em ângulo de 45°.

8.4. Preparo reduzido com grade pesada.

A grade pesada é um implemento muito utilizado no preparo do solo na maioria das regiões brasileiras. É conhecida, também, como grade aradora e, na maioria das vezes, apresenta dois conjuntos paralelos de discos em número variável, com diâmetro de 24" ou 26". Normalmente, os conjuntos de discos são de dupla ação, ou seja, são posicionados de tal forma que jogam o solo trabalhado em direções opostas. Devido a isso, os discos tendem a provocar a pulverização dos solos, principalmente quando o seu uso é repetido por vários anos consecutivos. Os discos da grade pesada se aprofundam no solo pela ação de seu peso, cortando fatias estreitas de solo que são deslocadas para o lado, promovendo sua desagregação em inten-

sidade superior a dos arados (Casão Junior et al., 1990). A principal característica da grade pesada, ao contrário dos demais implementos, é a pequena profundidade de trabalho que dificilmente ultrapassa os 15 cm. A grade pesada tende a formar outra camada compactada abaixo da camada preparada o que reduz a infiltração, o desenvolvimento radicular e provoca erosão. A grade pesada tem desempenho insatisfatório em áreas com grandes quantidades de restos de cultivos na superfície. Nessas condições, alguns agricultores a utilizam para fazer a semi-incorporação dos resíduos para, posteriormente, facilitar a incorporação definitiva. O uso contínuo da grade pesada, em função da baixa profundidade de trabalho, provoca a concentração dos nutrientes até aos 15cm. A grade pesada é pouco eficiente no controle de plantas daninhas, porém apresenta grande vantagem por diminuir o período de preparo e o consumo de energia.

8.5. *Plantio direto*

8.5.1. Considerações gerais

As vantagens proporcionadas pelo plantio direto na conservação do solo, no menor consumo de energia e até mesmo no aumento de produtividade, são bastante evidentes. O plantio das culturas feito diretamente sobre os resíduos mantidos na superfície do solo, sem o revolvimento e nivelamento do terreno, pode reduzir as perdas do solo por erosão em mais de 80%, em relação ao preparo convencional. No Rio Grande do Sul, Faganello (1991) mostra que em um latossolo vermelho-escuro distrófico, as perdas de solo por erosão foram de 8t/ha/ano na cultura do trigo e 9 t/ha/ano na cultura da soja, semeada em sistema convencional, com palha queimada, contra 2 t/ha/ano na cultura do trigo e 3 t/ha/ano na cultura da soja semeada em área com preparo convencional, e com a palha incorporada. Por outro lado, as perdas de solo verificadas para trigo e soja semeadas no plantio direto foram de 0,6 t/ha/ano. A quantidade de nutrientes perdida por erosão foi maior no sistema convencional com palha queimada (Fig. 19). No plantio direto, as perdas foram mínimas. O potássio e o fósforo foram os elementos mais prejudicados pela erosão.

Apesar das vantagens demonstradas, a introdução do plantio direto não é fácil de ser viabilizada pelos agricultores. Os fatores que contribuem para isso são o tipo do solo, clima, manejo do solo e tipo de mecanização, e ainda as condições sócio-econômicas dos agricultores. Estes fatores, segundo Vieira (1981), podem modificar a relação entre o sistema direto e os demais. O manejo do solo e tipo de mecanização podem ser controlados através do planejamento racional das operações de cultivo, enquanto que o clima e o solo são fatores não controláveis que podem

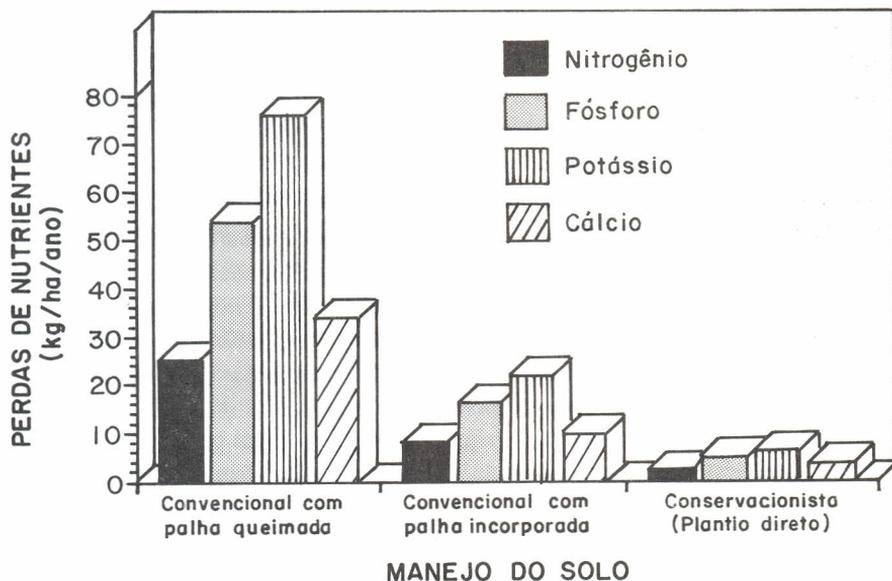


Fig. 19. Efeito do manejo do solo nas perdas de nutrientes pela erosão.
Fonte: Faganello (1991).

limitar a adoção do sistema de semeadura direta.

Diferentes tipos de solos respondem de maneira diferente ao plantio direto devido às diferenças em suas propriedades físicas e químicas. Como exemplo, pode-se afirmar que o plantio direto num latossolo bruno álico do sul do estado do Paraná pode ser implantado e conduzido com maior facilidade do que num latossolo roxo distrófico do norte do Estado. Isto porque o latossolo bruno álico atinge menores valores de compactação máxima (método de Proctor, 12 batidas), cerca de $1,30 \text{ g/cm}^3$, contra $1,55$ a $1,60 \text{ g/cm}^3$ do latossolo roxo distrófico. Se o latossolo bruno álico for manejado sempre na consistência friável, dificilmente apresentará problemas de compactação. Além disso, o clima ameno do sul do Estado favorece a manutenção da cobertura do solo com os restos de cultivos e reduz a degradação da matéria orgânica. Já no norte do Estado, onde a temperatura média anual é mais elevada, a matéria orgânica é degradada com muita rapidez tornando os latossolos roxos mais susceptíveis à compactação. Assim, os problemas de compactação e a ausência de

cobertura sobre o solo, fazem com que as vantagens do sistema direto não sejam evidenciadas. Na região dos cerrados, a dificuldade para a implantação e consolidação do sistema direto está relacionada com a falta de opção de cultivos para a cobertura do solo no inverno.

O clima, por sua vez, afeta a persistência dos resíduos de cultivos sobre o solo, cuja ação dos microorganismos na decomposição poderá ser mais ou menos acelerada, em função da interação da temperatura com a umidade. Essa condição é importante porque o sucesso do plantio direto, em grande parte, está associado à adoção dos sistemas de rotação de culturas que incluam espécies que produzam grande quantidade de resíduos para cobertura e que tenham preferencialmente, lenta decomposição. Esta cobertura protege o solo contra o excesso de insolação, impacto das chuvas e altas temperaturas e, além disso, diminui o escoamento superficial e aumenta a capacidade de armazenamento de água. A falta de opção de cultivo de espécies que contribuam com grande quantidade de resíduos para cobertura do solo e a maior velocidade de decomposição desses resíduos podem afetar negativamente o plantio direto.

Além dos fatores tipo e manejo do solo, mecanização, clima e condição sócio-econômica dos agricultores, o planejamento para a implantação do sistema direto deve contemplar outros fatores como custos dos insumos, valor econômico dos produtos cultivados, mercado consumidor e disponibilidade de máquinas e implementos agrícolas.

8.5.2. Limitações e condução do plantio direto

Existem algumas alternativas para contornar os problemas que ocorrem com a implantação do plantio direto. Estão listados abaixo, alguns problemas que podem ocorrer em áreas de plantio direto e as sugestões de como solucioná-los.

1- Áreas com compactação: existem duas alternativas a serem seguidas. A primeira é a utilização de semeadoras adaptadas com facões próximos aos dosadores de sementes, os quais ajudarão a romper a camada compactada na linha de semeadura. Esse sistema, no entanto, pode causar alguns problemas na emergência e no estabelecimento da lavoura devido à dificuldade na distribuição de sementes a uma profundidade adequada de semeadura. A segunda alternativa, que vem sendo testada, é baseada no uso de alguns tipos de escarificadores, cujo formato das hastes fazem com que a camada compactada seja rompida sem afetar muito o nivelamento do terreno. Esses escarificadores dispensam o uso de grade niveladora. A operação de descompactação, preferencialmente, deverá ser feita após a colheita da soja e antes da semeadura do trigo ou da aveia. Esta seqüência é importante pelo fato da soja deixar uma quantidade

de relativamente pequena de palha na superfície do solo e de rápida decomposição. Além disso, a maior rusticidade das sementes do trigo e da aveia garantem uma boa germinação e, conseqüentemente, um bom estabelecimento da lavoura. Na colheita da soja, o picador e o sistema de distribuição das colhedoras deverão propiciar boa fragmentação da palhada e uma distribuição uniforme sobre o terreno. Espera-se, dessa forma, que durante as operações de descompactação e semeadura, seja evitado embuchamento provocado pela palha. A área a ser utilizada com essa tecnologia deve ser pequena, inicialmente, para que o agricultor faça duas experiências, observando, principalmente, o nivelamento do terreno e, posteriormente, a operação de semeadura, já que alguns tipos de semeadoras podem apresentar problemas de embuchamento. A decisão de quando fazer a descompactação deve ser precedida do diagnóstico prático do agravamento da compactação. Este diagnóstico pode ser feito pela simples observação da lavoura como, por exemplo: dificuldade de semear e ocorrência de áreas com excesso de falhas de plantas; desenvolvimento muito superficial das raízes; e lavouras com plantas pouco desenvolvidas.

2- Pouca cobertura morta sobre o solo: aconselha-se a adoção de sistemas de rotação de culturas que envolvam o milho e aveia. No cerrado, o milheto tem se mostrado promissor. Essas espécies contribuem com abundante quantidade de massa seca de lenta decomposição, propiciando uma cobertura do solo mais duradoura.

3- Concentração superficial de nutrientes: o emprego contínuo do plantio direto, por muitos anos, tende a concentrar grande parte dos nutrientes nas camadas superficiais do solo. Os casos que mais chamam atenção são o fósforo, que tem baixa mobilidade, principalmente nos solos argilosos e o potássio que, apesar de ser considerado móvel no solo, também tende a se concentrar na superfície. O fato é decorrente da aplicação feita no sulco na operação de semeadura. Aparentemente, essa maior concentração na superfície não causa maiores transtornos já que, tanto o fósforo como o potássio, são elementos móveis dentro da planta. Por outro lado, o revolvimento do solo através dos outros sistemas de preparo tende a provocar uma maior fixação do fósforo devido ao aumento do contacto do fertilizante com as partículas de solo. Neste caso, o plantio direto poderia trazer vantagens na redução do uso de fertilizantes por diminuir a fixação do fósforo e conseqüentemente, aumentar sua disponibilidade para as plantas. No entanto, se a concentração superficial de nutrientes for excessiva (detectada através análise estratificada de solo) o problema deverá ser contornado com o revolvimento do solo. Para isso, a propriedade deverá ser dividida em talhões, visando eliminar o problema por etapas e gradativamente.

4- Correção da acidez do solo: O procedimento correto é fazer simultaneamente a correção do solo, a descompactação e a uniformização dos nutrientes no perfil do

solo antes da implantação do plantio direto. No caso da aplicação de calcário, a quantidade deverá ser baseada em análise química, e feita na profundidade e modo correto (com arado, ou se a quantidade for elevada, parte com arado e parte com grade). Se esse procedimento for tomado, provavelmente não haverá necessidade de nova correção, por um bom período de tempo.

A aplicação de algumas formulações de adubos, principalmente os nitrogenados e a decomposição dos resíduos de cultivos na superfície, podem provocar uma acidificação superficial do solo. A correção dessa camada, desde que a quantidade de calcário não seja grande, pode ser feita pela aplicação na superfície, sem a necessidade de incorporação. Se a quantidade for grande, esta prática pode provocar, no entanto, a formação de um gradiente de correção e de concentração do cálcio e magnésio no perfil do solo. Isto poderá limitar o desenvolvimento radicular nas camadas mais profundas. Pode causar também, problemas com alguns micronutrientes devido à alcalinização causada pelo acúmulo excessivo do corretivo numa pequena camada de solo. Portanto, se houver necessidade de uma correção das camadas mais profundas, a incorporação do corretivo deve ser feita na profundidade correta (20 cm a 25 cm) e incorporado com arado.

Como a aplicação do calcário no plantio direto gera sempre discussões, é interessante que cada caso seja analisado individualmente, considerando-se para isso o tipo de solo, a necessidade de calcário a ser aplicada, a baixa mobilidade do corretivo no solo, e a profundidade de solo a ser corrigido. Para isso, é fundamental consultar um técnico da região.

8.5.3. Requisitos básicos para a implantação do plantio direto.

A seguir, serão listados alguns requisitos básicos que devem ser considerados antes da implantação do sistema direto, os quais são um resumo dos trabalhos de Mazuchowski & Derpsch (1984) e Kochhann & Selles (1991):

- 1 - o agricultor deve ter conhecimento de toda a tecnologia do plantio direto antes da adoção do sistema;
- 2 - a área do plantio direto deve ser pequena, inicialmente, para que o agricultor faça as suas próprias experiências e adquira segurança;
- 3 - a acidez do solo deve ser corrigida, a profundidade de 20 a 25 cm, bem como a fertilidade elevada a níveis de médio a alto;
- 4 - o solo deve estar livre de camadas compactadas e nivelado;
- 5 - a área deve estar com bom controle de plantas daninhas, sendo que as de difícil controle devem ser eliminadas;
- 6 - é imprescindível a presença de cobertura vegetal morta para a proteção do solo;

- 7 - as semeadoras devem ser adequadas ao tipo de solo e ao trabalho em solos com grande quantidade de restos de cultivos sobre a superfície do terreno. Devem ter condições de cortar a palha e abrir sulcos para colocar a semente e o fertilizante na profundidade desejada;
- 8 - na colheita dos grãos, a colhedora deve estar provida de picador de palhas, afiado e ajustado para triturar os resíduos e distribuí-los uniformemente no solo.

9. RESUMO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso inadequado de práticas de cultivo tem provocado problemas de compactação e erosão. A compactação restringe o desenvolvimento radicular, a infiltração e o armazenamento de água pelo solo, favorecendo seu escoamento na superfície e provocando a erosão. A erosão assume proporções sócio-econômicas relevantes, porque a maioria dos solos brasileiros caracterizam-se por apresentar baixos níveis de nutrientes, altamente dependentes da matéria orgânica, e quase totalmente localizados nas camadas superficiais, que são as mais susceptíveis à erosão. Outro problema é a matéria orgânica, cujos teores diminuem rapidamente com processos de cultivos, e sendo de difícil reposição.

9.1. Condições de umidade para o preparo do solo

A umidade ideal de trabalho do solo é a friável, pois essa exige menor esforço de tração e provoca menor degradação dos solos. Na determinação prática de quando o solo está na umidade friável deve-se adotar o seguinte procedimento: tomar um torrão de solo na profundidade média a ser trabalhada e pressioná-lo entre os dedos polegar e indicador. O torrão deve ser destorroado, sob simples pressão, sem oferecer resistência e sem ser moldado.

O preparo em solos úmidos provoca maior compactação e aumento de gastos de energia de tração. Por outro lado, deve-se evitar o trabalho quando o solo estiver excessivamente seco, pois além da maior necessidade de esforço, a qualidade de preparo é inferior, formando grandes torrões duros, que exigem um grande número de operações posteriores para destorrá-los e permitir a semeadura.

Em algumas regiões de inverno seco, a quebra da capilaridade superficial do solo por implementos de discos ou dentes, diminui a perda de água, possibilitando que o solo fique mais tempo com umidade adequada para ser trabalhado.

9.2. Compactação do solo

A compactação é causada pela ação do tráfego de máquinas agrícolas, implementos e outros veículos, durante as operações de preparo do solo, semeadura, tratos culturais e colheita, principalmente quando o solo está úmido. Todas essas fases produzem esforços de compressão sobre o solo, adensando uma parte de seu perfil conforme o implemento ou veículo utilizado. O pé-de-arado e o pé-de-grade são formados logo abaixo da camada movimentada. No caso da grade pesada, ocorre, em média, a 12 cm, ou pouco mais, de profundidade.

9.3. Localização da camada compactada.

Um diagnóstico prático deve definir onde a camada compactada se localiza. Esta determinação é importante para definir o método a ser utilizado, para eliminar ou evitar a formação dessas camadas.

Antes do preparo do solo, a compactação poderá ser identificada por um dos métodos: trincheira, penetrômetro ou penetrógrafo e exame de raízes. Na trincheira toca-se o perfil do solo com um instrumento pontiagudo e nota-se perfeitamente as fronteiras da camada compactada, pelo aumento da resistência ao toque. O método do penetrômetro ou penetrógrafo também indica a zona de maior compactação. A outra opção é utilizar o exame de raízes quando a cultura da soja atingir o desenvolvimento pleno. O número de raízes é reduzido na camada compactada e abaixo dela.

9.4. Rompimento da camada compactada

Após a identificação da profundidade e espessura da camada compactada, deve-se escolher o implemento para o preparo do solo observando as características de trabalho de cada um deles. Pode-se utilizar o escarificador, subsolador, arado de disco ou arado de aiveca.

9.5. Planejamento das operações de preparo do solo, cultivo e colheita.

O preparo do solo deve ser planejado tomando-se por base as características de trabalho de cada implemento (incorporação de nutrientes e corretivos, profundidade de trabalho, posicionamento dos resíduos culturais, etc), e sempre com o menor número possível de operações.

A profundidade de trabalho deverá ser imediatamente abaixo da camada compactada. Os implementos que promovem a inversão da camada trabalhada, como a aração a profundidades superiores a 20-25 cm, podem trazer à superfície porções

de solo ainda não corrigidas com a presença, principalmente, de alumínio e manganês e com baixa disponibilidade de fósforo. Desse modo, recomenda-se amostrar o solo com vistas à correção, que será feita simultaneamente com o trabalho de descompactação. Deve-se retirar 20 a 30 sub-amostras para formar uma amostra composta por talhão, estratificando em três profundidades (0-10, 10-20 e 20-30cm), para análise de fertilidade.

Os escarificadores e os subsoladores preservam a maioria dos restos de cultivos na superfície, condição importante para proteger o solo. Tanto a grade pesada como o arado de disco podem apresentar baixo desempenho no trabalho em solos com grande quantidade de restos de cultivos sobre a superfície, principalmente, se os discos estiverem desgastados e/ou se o trator for de pouca potência. Os arados de discos de maior diâmetro (30") e os arados de aivecas são mais indicados em tais situações.

Após o preparo primário, o nivelamento do terreno para semeadura deve ser feito com o menor número possível de operações de gradagem leve, devendo ser limitada ao máximo de duas.

Nos anos seguintes deve-se procurar sempre variar o uso dos implementos de preparo do solo alternando, sempre que possível, os de discos com os de hastes e de aivecas, proporcionando, com isso, diferentes condições e profundidades de trabalho no solo. O uso da grade pesada (aradora), deve ser evitado por preparar superficialmente o solo, principalmente os argilosos, provocando sua pulverização.

O tráfego posterior de máquinas e veículos sobre o solo durante as operações de cultivo, aplicação de defensivos e colheitas, deve ser reduzido ao mínimo necessário.

Os restos de cultivos não devem ser queimados, a não ser por motivo fitossanitário, e com orientação específica. Na colheita mecânica, utilizar o picador de palha bem regulado para distribuir uniformemente a palha sobre o solo. Essa conduta proporcionará maior facilidade nas operações de preparo do solo, semeadura e aplicação de herbicidas.

9.6. *Plantio direto*

O sistema de semeadura direta é uma prática importante para reduzir as perdas por erosão. Em algumas regiões a sua implantação trouxe uma série de benefícios não só na redução da degradação do solo, mas também no aumento da produtividade. Porém, devem ser seguidos alguns requisitos na implantação do sistema. O principal deles é a seqüência de culturas que proporcionem boa cobertura do solo durante todo o ano. Além disso, o terreno deve estar bem nivelado, livre de sulcos

de erosão, corrigido e com fertilidade equilibrada; o sistema de terracamento deve estar em bom estado de conservação; o solo deve estar livre de camadas compactadas e com um bom controle de plantas daninhas; as sementeiras devem ser adequadas ao plantio direto e as colhedoras devem ser providas de picador de palha regulado para propiciar boa cobertura do terreno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, J.J.R.; CANAL, I.N.; RUEDELL, J. **Métodos de preparo do solo na presença e na ausência de resteva.** s.n.t. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 12., 1982, Cascavel. Cascavel : OCEPAR, 1982. p.117.
- ABRÃO, P.U.R.; GOEPFERT, C.F.; GUERRA, M.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre as características de um latossolo roxo distrófico. **R. bras. Ci. Solo**, v.3, p.169-172, 1979.
- ADISARWANTO, T. The influence of planting method and mulching on soybean seed yield. In: SYMPOSIUM ON SOYBEAN IN TROPICAL AND SUBTROPICAL CROPPING SYSTEMS, 1983, Tsukuba. Taiwan : AVRDC, 1983. p.215-217.
- ALLMARAS, R.R.; KRAFT, J.M.; MILLER, D.E. Effects of soil compaction and incorporated crop residue on root health. **Ann. Rev. Phytopathol.**, v.26, p.219-243, 1988.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas.** São Paulo : Manole, 1987. 307p.
- BARLEY, K.P. The effects of mechanical stress on the growth of roots. **J. Exp. Bot.**, v.13, p.95-110, 1962.
- BARTHELEMY, P.; BOISGONTIER, D.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de travail du sol.** Paris : Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1987. 197p.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Física de suelos.** Mexico : Centro Regional de Ayuda Técnica, 1973. 529p.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. **R. bras. Ci. Solo**, v.13. p.313-379, 1989.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações hídricas com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduos culturais de trigo. **R. bras. Ci. Solo**, v.11, p.187-192, 1987.

- BOHM, W.M. **Methods of studying root systems.** New York : Springer-Verlag, 1979. 188p.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **R. bras. Ci. Solo**, v.14, p.369-376, 1990.
- BUCKMAN, H.O.; BRADY, M.C. **Natureza e propriedades do solo.** São Paulo : F. Bastos, 1968.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M.B.B.; ALCÂNTARA P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil.** Rio de Janeiro : Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1992. 346p.
- CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e sua aplicação.** 5.ed. rev. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos, 1985. 219p.
- CARTER, M.R. Influence of reduced tillage systems an organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. **Soil & Tillage Research**, v. 23, p.361-372, 1992.
- CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, C.F. Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. **R. bras. Ci. Solo**, v.10, p.167-171, 1986.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **R. bras. Ci. Solo**, v.9, p.263-266, 1985.
- DEDECEK, R.A.; PEREIRA, J.; IKE, M.; IWATA, F. Efeito de profundidade de aração inicial, modos de adubação corretiva e sistemas de preparo do solo na produção de soja em solos do cerrado. **R. bras. Ci. Solo**, v.10, n.2, p.173-180, 1986.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno.** Londrina : IAPAR, 1985. 96p. (IAPAR. Documentos, 9).
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. Manejo do solo com cobertura de inverno. **Pesq. agric. bras.**, v.20, n.7, p.761-773, 1985.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research** v.8, p.253-263, 1986.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1991/92**. Cascavel : OCEPAR / Londrina : EMBRAPA-CNPSo, 1991. 123p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 47). (OCEPAR. Boletim técnico, 29).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo : EDUSP, 1975. 344p.
- FAGANELLO, A. Semeadoras para uso em manejo conservacionista. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo, 1991. p.59-62.
- FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Campinas, 1983. 138p.
- GAUDÊNCIO, C.A.; OLIVEIRA, M.C.N.; MACHADO, C.C.; YORINORI, J.T. Rotação e sucessão de culturas com a soja, no sistema de semeadura direta, em Londrina. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1988/89**. Londrina, 1989. p.253-260. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 43).
- GOENSE, D. **Mechanized farming in the humid tropics with special reference to soil tillage, workability and timeliness of farm operations**. Wageningen : Wageningen Agricultural University, 1987. 136p. Tese Doutorado.
- GOEPFERT, C.F.; ABRÃO, P.U.R. Influência de seis métodos de preparo do solo, sobre o rendimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Agronomia Sulriograndense**, v.17, n.2, p.249-255, 1981.
- GRAY, L.E.; POPE, R.A. Influence of soil compaction on soybean stand, yield, and Phytophthora root rot incidence. **Agron. J.**, v.78, p.189-191, 1986.
- HOWARD, R.F.; SINGER, M.J.; FRANTZ, G.A. Effects of soil properties, water content, and compactive effort on the compaction of selected California forest and range soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.45, n.2., p.231-236, 1981.
- JUO, A.S.R.; LAL, R. The effect of fallow avel continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in Western Nigeria. **Plant and Soil**, v.47, p.567-584, 1977.

- KAYOMBO, B.; LAL, R.; MREMA, G.C.; JENSEN, H.E. Characterizing compaction effects on soil properties and crop growth in southern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, v.21, p.325-345, 1991.
- KEMPER, B.; DERPSCH, R. Results of studies made 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.1, p.253-267, 1981.
- KIEHL, E.Y. **Manual de edafologia, relações solo-planta**. São Paulo : Ceres, 1979. 264p.
- KOCHHANN, R.A.; SELLES, F. O solo e o sistema de manejo conservacionista. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Passo Fundo, 1991. p.9-20.
- KOHNKE, H. **Soil physics**. New York : McGraw-Hill, 1968. 224p.
- LAL, R. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments. **Advances in Agronomy**, v.42, p.85-197, 1989.
- LAL, R. No-tillage effects on soil properties and maize (*Zea mays* L.) production in Western Nigeria. **Plant and Soil**, v.40, p.321-331, 1974.
- LASSUS, C. Composição dos resíduos vegetais em um solo manejado com nove sistemas de culturas. **R. bras. Ci. Solo**, v.14, p.315-380, 1990.
- MAURYA, P.R.; LAL, R. Effects of bulk density and soil moisture on radicle elongation of some tropical crops. In: LAL, R.; GREENLAND, D.J. **Soil physical properties and crop production in the tropics**. Chichester : J. Wiley, 1979. p.339-347.
- MAZUCHOWSKI, J.Z.; OERPSCH, R. **Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas**. Curitiba : ACARPA, 1984. 68p.
- MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: arados e grades**. Piracicaba : ESALQ, 1967. v.1. 262p.
- MILLAR, A.A. **Drenagem de terras agrícolas: bases agrônômicas**. São Paulo : McGraw-Hill do Brasil, 1978. p.276.
- MONDARDO, A.; VIEIRA, M.J.; BISCAIA, R.C.M.; CASTRO, F.C.; RUFINO, R.I. Erosion studies for different tillage and crop systems in the state of Paraná, Brazil. In: CONFERENCE OF ISTRO, 8., 1979. Homenheim. Homenheim, 1979. p.159-163.

- NOGUEIRA, S.S.S.; MANFREDINI, S. Influência da compactação do solo no desenvolvimento da soja. **Pesq. agropec. bras.**, v.18, n.9, p.973-976, 1983.
- OLIVEIRA, E.F.; BAIIRÃO, J.F.M.; CARRARO, I.M. & BALBINO, L.C. Efeito do sistema de preparo do solo nas suas características físicas e químicas e no rendimento da soja em latossolo roxo. Cascavel : OCEPAR, 1990. 54p. (OCEPAR. Resultados de Pesquisa, 4).
- PEREIRA, J.; PERES, J.R.R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. Planaltina : EMBRAPA-CNPAC / São Paulo : Nobel, 1985. p.261-284.
- RAMOS, M. Sistema de preparo mínimo do solo. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. **A soja no Brasil**. Campinas : ITAL, 1981. p.369-377.
- RESCK, D.V.S.; SHARMA; R.D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes, na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides, em um latossolo vermelho-escuro sob cerrado. **Pesq. agroec. bras.**, v.17, n.3, p.459-467, 1982.
- ROSENBERG, M.J. Response of plants to the physical effects of soil compaction. **Advances in Agronomy**, v.10, p.181-196, 1964.
- SARAIVA, O.F.; TORRES, E. **A compactação dos solos pode ser controlada**. Londrina : EMBRAPA-CNPSo, 1991. (folder).
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade do rendimento da soja, em latossolo roxo distrófico (Oxisol). **R. bras. Ci. Solo**, v.7, p.103-106, 1983.
- SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um latossolo roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. **R. bras. Ci. Solo**, v.8, p.265-268, 1984.
- TORRES, E. Manejo do solo no cultivo da soja no Brasil. In: MOLESTINA, C.J. **Manejo del cultivo, control de plagas y enfermedad de la soja**. Montevideo : IICA, 1987. p.53-58. (IICA. Dialogo XXI).
- TORRES, E.; GALERANI, P.R.; OLIVEIRA, M.C.N. Avaliação de sistemas de produção de soja: manejo, rotação e cultivares. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1988/89**. Londrina, 1989. p.233-237. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 43).

- TORRES, E.; GAZZIERO, D.L.P.; GALERANI, P.R., NEUMAIER, N.; GARCIA, A.
Avaliação de sistemas de preparo do solo e semeadura da soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1985/86**. Londrina, 1987a. p.319-323. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 20).
- TORRES, E.; GAZZIERO, D.L.P.; GALERANI, P.R.; NEUMAIER, N.; GARCIA, A.
Avaliação de sistemas de preparo do solo e semeadura da soja. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1986/87**. Londrina, 1988. p.261-263. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 28).
- TORRES, E.; NEUMAIER, N. Potencial de algumas espécies de verão como descompactadora do solo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1987/88**. Londrina, 1988. p.292-294. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 36).
- TORRES, E.; NEUMAIER, N.; GARCIA, A. Resposta da soja à compactação do solo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1985/86**. Londrina, 1987b. p.382-384. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 20).
- TORRES, E.; NEUMAIER, N.; GARCIA, A. Resposta da soja à compactação do solo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1987/1988**. Londrina, 1988a. p.291-292. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 36).
- TORRES, E.; NEUMAIER, N.; GARCIA, A. Resposta da soja à compactação do solo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1986/87**. Londrina, 1988b. p.311-312. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 36).
- TORRES, E.; NEUMAIER, N.; GARCIA, A. Sucessão soja x aveia preta. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1988/89**. Londrina, 1989. p.244-249. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 43).
- TORRES, E.; NEUMAIER, N.; GARCIA, A. Sucessão soja x aveia preta. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1991/92**. Londrina, 1993. (no prelo).
- VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR (Londrina, PR.) **Plantio direto no estado do Paraná**. Londrina, 1981. p.19-32.

IMPRESSO PELO SETOR DE EDITORAÇÃO
do Centro Nacional de Pesquisa de Soja
Rod. Carlos João Strass (Londrina/Warta) Acesso Orlando Amaral
Fone: (043) 320-4166 – Fax: (043) 320-4186 – Telex 43208
Cx. Postal 1061 – 86.001-970 – Londrina, PR

