



13769 - 1

FOL. 1700

MECANIZAÇÃO DA CULTURA DO MILHO

INTRODUÇÃO

A mecanização da cultura do milho, no Brasil, tem níveis de utilização bastante diferenciada, desde a manual até a mecanizada com alta tecnologia. Isso se explica porque a grande maioria dos agricultores de milho está envolvido na exploração de pequenas propriedades e o maior volume de produção concentra-se nas médias e grandes propriedades. Além disso, o milho participa em diferentes sistemas de produção, devido ao seu uso (produção de grãos, silagem e milho verde para consumo in natura) e sistemas de produção como o consórcio (hoje mais concentrado na região Nordeste), em sistemas de rotação de culturas envolvendo plantio direto ou convencional, na safrinha e em sucessão de culturas irrigadas.

Entretanto, verifica-se que os maiores rendimentos concentram-se nos estados do Centro-Oeste, onde predominam as grandes lavouras de milho (Tabela 1).

Levantamento do perfil sócio-econômico e tecnológico dos produtores de soja e milho de Mato Grosso do Sul mostrou que, entre os produtores entrevistados, a área média de lavouras de milho na safra normal é de 214,20 ha e o milho safrinha tem área média de 153,20 ha (Melo Filho & Richetti, 1998).

Tabela 1. Rendimento de grãos de milho, em kg/ha, dos principais estados produtores.

Unidade da Federação	Rendimento(kg/ha)	
	1998/99	1999/00
PR	3.790	3.700
SC	3.620	3.950
RS	2.230	2.450
Sul	3.150	3.258
MG	3.150	3.370
SP	3.687	3.470
Sudeste	3.290	3.382
MT	3.700	3.800
MS	4.500	4.000
GO	4.710	4.750
DF	4.648	5.087
Centro-Oeste	4.479	4.466
Brasil	2.723	2.807

Com o aumento da competitividade em todos os setores da economia, tem-se verificado uma mudança rápida do perfil do produtor de milho no processo de incorporação de novas tecnologias, no qual a mecanização agrícola tem o seu papel estratégico, para atender ao sistema de produção no tempo certo, com qualidade e em todas as fases da cultura. Dessa forma, hoje já é comum obter produtividade acima de 6.000 kg/ha, sendo que muitos

Sete Lagoas, MG
Dezembro, 2001

Evandro C. Mantovani
Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo, CEP
35701-970, Sete
Lagoas, MG.
evandro@cnpms.embrapa.br

José Carlos Cruz
Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo CEP
35701-970, Sete
Lagoas, MG.
zecarlos@cnpms.embrapa.br

Israel A. Pereira Filho
Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo CEP
3535701-970, Sete
Lagoas, MG.
israel@cnpms.embrapa.br

agricultores já alcançam produtividade acima de 8.000 kg/ha de grãos de milho. Este trabalho vai-se concentrar nas regiões de produção onde a mecanização agrícola está sendo praticada, utilizando o trator agrícola como fonte de potência.

A cultura do milho está concentrada basicamente no Centro-Sul do Brasil, que é responsável por cerca de 86,5 % da produção nacional e cerca de 74 % da área plantada. Deve ser mencionado que a região oeste da Bahia apresenta sistema de produção de milho bastante similar àquele praticado na região Centro-Oeste e já representa hoje um importante pólo de produção desse cereal. No Sul, especialmente no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no sul do Paraná, as lavouras são pequenas a médias, com uma agricultura mais diversificada, possibilitada pelas condições climáticas e sociais da região, que permitem o plantio o ano todo com culturas de verão e inverno. O milho, nessa região, é plantado a partir dos meses de agosto/setembro até dezembro/janeiro, dependendo do sistema de produção da propriedade agrícola. O plantio direto tem-se expandido bastante nessa região e o milho é essencial nesse sistema, por se adaptar muito bem a diferentes sistemas de rotação de culturas e apresentar uma grande produção de matéria seca com alta relação C/N, que proporciona maior cobertura do solo, tanto em quantidade quanto em tempo de permanência na superfície do solo, o que é essencial para o sucesso do plantio direto.

O uso mais intensivo da terra com culturas de verão e inverno ainda é possível no norte do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, mas, nessas regiões, o milho, além de ser uma opção para a safra normal, também passa a ser cultivado como safrinha, geralmente plantado após a soja precoce. Em Minas Gerais, Mato Grosso, norte de São Paulo e Goiás, o plantio de culturas anuais de inverno é muito restrito ou nulo e a opção de duas culturas anuais sem irrigação só é possível com o plantio da safrinha, em que o

milho, juntamente com o sorgo, milheto e girassol, são plantados geralmente em março/abril, após a colheita da soja. Em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, a área do milho safrinha é maior do que a do milho plantado na safra normal. O milho "safrinha" é definido como milho de sequeiro cultivado extemporaneamente, de janeiro a abril, quase sempre depois da soja precoce, na região Centro-Sul brasileira, envolvendo basicamente os seguintes estados de Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e, mais recentemente, Minas Gerais.

Esse sistema de plantio iniciou-se em meados dos anos 80, no Paraná, e expandiu-se rapidamente nos anos 90. Atualmente, dos 12 milhões de hectares de milho cultivados no Brasil, cerca de 2,6 milhões são de safrinha, o que corresponde a 27% e 20% da área total de milho na região Centro-Sul e no País, respectivamente (Tabela 2). Em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, a safrinha, no ano 2000, correspondeu a mais de 65% da área total cultivada com milho.

Como o milho safrinha é plantado após uma cultura de verão, a data de plantio depende da época do plantio dessa cultura e de seu ciclo. Assim, o planejamento do milho safrinha começa com a cultura do verão, visando liberar a área o mais cedo possível. Quanto mais tarde for o plantio, menor será o potencial e maior o risco de perdas por seca e/ou geadas. (Brunini et al. 1998 e Duarte et al., 2000, entre outros autores).

Para o plantio do milho "safrinha", toda estratégia de manejo do solo deve levar em consideração a necessidade de propiciar maior quantidade de água disponível para as plantas. Nesse caso, sempre que possível, deve-se optar pelo sistema de plantio direto, pois oferece maior rapidez nas operações, principalmente no plantio realizado simultaneamente à colheita, permitindo o plantio o mais cedo possível. Além disso, um sistema de plantio direto, com adequada cobertura da superfície do solo, permitirá o

Tabela 2. Áreas de milho plantadas na safra e safrinha e produtividade do milho safrinha em 1998/99 e 1999/00, nos principais estados produtores.

Estado	Área				Produtividade	
	Verão 98/99	Safrinha 1999	Verão 99/00	Safrinha 2000	Safrinha 1999	Safrinha 2000
	1.000 ha				kg/ha	
PR	1.540,3	1.008,9	1.543,4	1.124,9	2.600	1.070
SP	792,6	423,2	753,0	406,3	2100	740
MG	1.286,6	42,0	1.209,4	63,0	1740	1000
MT	191,3	362,6	191,3	366,2	1500	2.100
MS	221,7	292,0	133,0	373,8	2345	1.695
GO	604,0	236,4	607,0	264,8	2400	2.600
DF	28,4	5,6	27,3	5,2	2.602	2.210
Centro-Sul	6.988,9	2.370,7	6.870,5	2.604,2	2.276	1.409
Brasil	9.822,4	2.370,7	9.874,5	2.604,2	2.100	1.350

Fonte: CONAB (levantamento de dados)

aumento da infiltração da água e a redução da evaporação, com conseqüente aumento no teor de água disponível para as plantas. Em algumas áreas de plantio direto, já se constatou aumento do teor de matéria orgânica do solo, afetando a curva de retenção de umidade e aumentando ainda mais o teor de umidade para as plantas.

Uma comparação entre as área plantadas com soja e milho (Tabela 3) mostra que a cultura do milho tem grandes oportunidades de expansão nos estados do centro-Oeste, aproveitando-se do efeito benéfico do aumento da produtividade de ambas as culturas, quando plantadas em rotação (Cruz, 1982, Derpsch, 1986 e Ruedell, 1998)

Tabela 3. Estatística da cultura de milho (safra e safrinha e soja).

Unidade da Federação	Milho Safra 1999/00		Milho Safrinha 2000		Soja Safra 1999/00	
	Área (1000 ha)	Rend. (Kg/ha)	Área (1000 ha)	Rend. (Kg/ha)	Área- (1000 ha)	Rend. (Kg/ha)
PR	1.543,4	3.700	1.124,9	1.070	2.824,6	2.517
SC	806,9	3.950			204,8	2.510
RS	1.537,3	2.450			3.009,1	1.650
SUL	3.887,6	3.258	1.124,9	1.070	6.038,5	2.085
MG	1.209,4	3.370	63,0	1.000	594,4	2.350
SP	753,0	3.470	406,3	740	558,5	2.000
Sudeste	2.024,3	3.382	469,3	775	1.152,9	2.180
MT	191,3	3.800	366,2	2100	2.637,2	3.000
MS	133,0	4.000	373,8	1695	1.106,6	2.050
GO	607,0	4.750	264,8	2.600	1.454,5	2.800
DF	27,3	5.087	5,2	2.210	33,6	2.765
C. Oeste	958,6	4.466	1.010,0	2.082	5.231,9	2.742
N/NE	3.004,0	1.307			904,0	2.429
C. Sul	6.870,5	3.463	2.604,2	1.409	1.2423,3	2.370
Brasil	9.874,5	2.807	2.604,2	1.350	1.3327,3	2.374

Tem-se verificado também uma expansão da soja na direção do oeste da Bahia (região de Barreiras) e dos cerrados do Meio-Norte (Maranhão, Piauí e Tocantins). Há uma tendência lógica de o milho acompanhar a soja. Deve-se salientar, entretanto, que, nos cerrados do Meio-Norte, hoje existem apenas 250.000 ha de soja e cerca de 15.000 ha de milho.

PREPARO DO SOLO

Preparo Convencional

A escolha e a utilização dos equipamentos agrícolas, nos sistemas de manejo do solo, dependem do tratamento que se quer dar ao solo para a exploração agrícola. Além disso, os requerimentos de energia nos sistemas de manejo do solo poderão definir a viabilidade econômica dos referidos sistemas. Para que um equipamento seja utilizado racionalmente e eficientemente, é necessário conhecer o sistema de manejo de solo que ele vai atender, as características desejáveis que o solo deverá apresentar, a energia consumida e sua capacidade efetiva de trabalho (ha/h).

Descrição dos Sistemas

Os sistemas de manejo de solo mais usados são:

1. **Sistema Convencional:** combinação de uma aração (arado de disco) e duas gradagens, feitas com a finalidade de criar condições favoráveis para o estabelecimento da cultura.
2. **Sistema Cultivo Mínimo:** refere-se à quantidade de preparo do solo, para criar nele condições necessárias a uma boa emergência e estabelecimento de planta.
3. **Sistema Conservacionista:** qualquer sistema de preparo do solo que reduza a perda de solo ou água, comparado com os sistemas de preparo que o deixam limpo e nivelado.
- 3.1. **Plantio Direto:** método de plantio que não envolve preparo de solo, a não ser na

faixa e profundidade onde a semente será plantada. O uso de picador de palha na colhedora automotriz é importante para uma melhor distribuição da palhada na superfície do solo e as plantas daninhas são controladas por processos químicos.

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

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

EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS UTILIZADOS PARA O MANEJO DA PALHADA

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

Nos sistemas de produção de duas culturas anuais (inverno e verão), o volume de restos de cultura é maior e o tempo disponível para a decomposição dos mesmos é menor; conseqüentemente, há necessidade de uma boa distribuição desse material no solo, para maior facilidade das operações subseqüentes. O material deve ser bem picado, para evitar

embuchamento. Caso seja adotado o sistema convencional de preparo do solo, os motivos para se usar o picador de palha são os mesmos descritos anteriormente. Se o sistema adotado for do plantio direto o uso do picador de palha trará como conseqüências a uniformização da palhada em toda a área, diminuindo a evaporação da água da superfície e melhorando a eficiência dos herbicidas.

Nos sistemas de exploração de culturas mecanizadas, a etapa de picar palha realiza-se durante a colheita, tendo em vista que as colhedoras são geralmente providas de um picador de palha, que posteriormente é distribuída na superfície do solo (Figuras 1a e 1b)



Figura 1a. Colhedora automotriz.

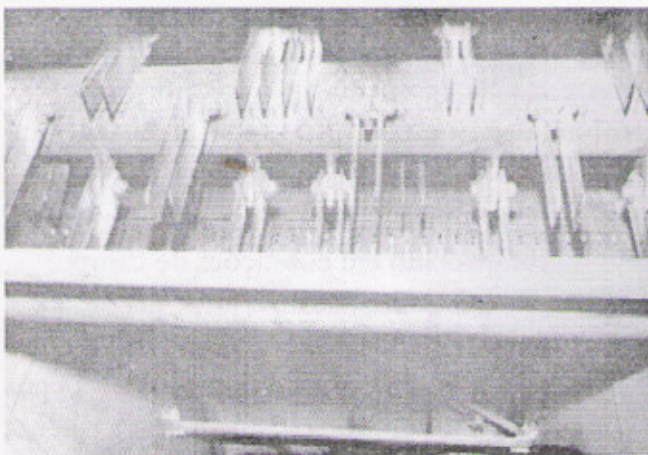


Figura 1b. Picador de palha da colhedora automotriz.

Mesmo assim, para a cultura do milho, haverá necessidade de uma operação complementar para picar melhor a palha, pois somente uns 30% da palhada passam por dentro da colhedora. Para tanto, pode-se utilizar uma roçadeira (Figura 2) ou um picador de palha (Figura 3). Para outras culturas, tais como soja, trigo e arroz, a necessidade da operação complementar vai depender da altura do corte da colhedora. Caso a colheita seja feita com a barra de corte bem próxima ao solo e com colhedora equipada com picador de palha, essa operação será dispensada.

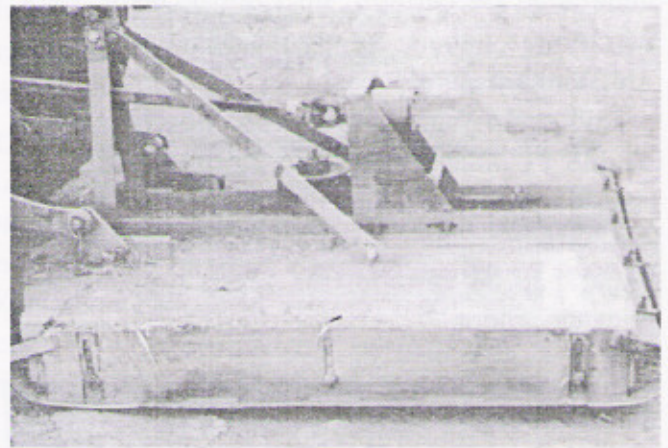


Figura 2. Roçadeira.

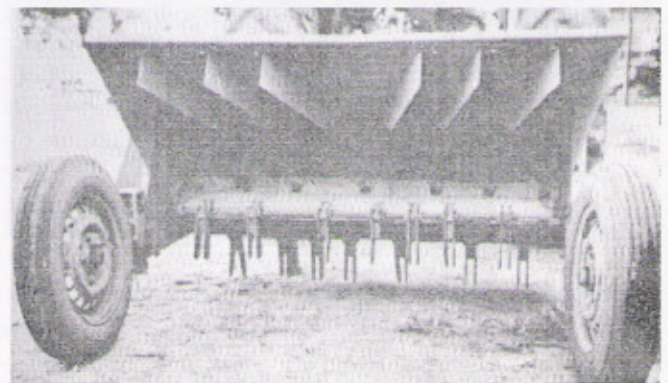


Figura 3. Picador de palha.

EQUIPAMENTOS PARA PREPARO DO SOLO

Tradicionalmente, no Brasil, predomina o arado de disco para preparo do solo (Figura 4a). O sistema convencional de preparo de solo consiste de uma aração com arado de disco e duas gradagens (com grade destorroadora e niveladora).

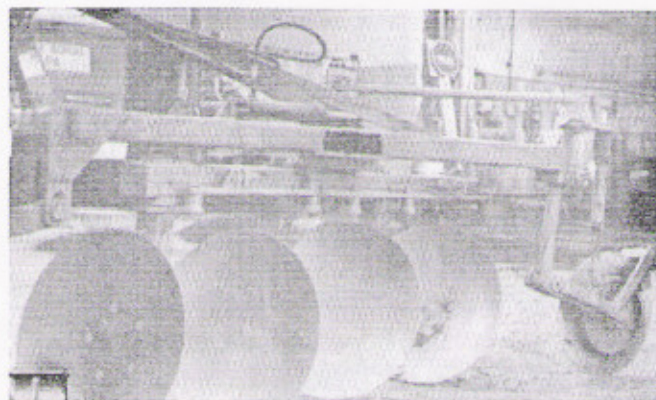


Figura 4a. Arado de disco.

Atualmente, com a incorporação de áreas sob vegetação de cerrado, no Centro-Oeste, para as culturas anuais, as grades pesadas (Figura 4b), vinham sendo bastante utilizadas por promoverem maior rendimento por hectare, devido às altas velocidades de trabalho e pela habilidade de trabalhar nos solos recém-desmatados, onde o sistema radicular da vegetação de cerrado traz sérios problemas para os arados.



Figura 4b. Grade aradora.

Tem-se verificado que, à medida que se aumenta a área da propriedade, há uma preferência pela grade aradora em detrimento do arado de disco, conforme é mostrado na Tabela 4.

Essa tendência é confirmada por Melo Filho & Richetti (1998), que, em levantamento realizado no Mato Grosso do Sul, verificaram que a grade pesada é usada por 57,32% dos produtores entrevistados, enquanto que o arado de discos é utilizado por apenas 5,10%

Tabela 4. Distribuição percentual do uso do arado de disco e da grade pesada por extrato de áreas, no município de Ituiutaba, MG.

Área (ha)	Arado de disco	Grade aradora
0-50	84	16
51-100	100	0
101-200	75	25
201-500	25	75
501-1000	0	100

Fonte: Gois(1993)

dos produtores. A maior preferência pela grade aradora ou grade pesada pode ser atribuída a seu maior rendimento de trabalho e menor consumo de combustível (Tabela 5).

Tabela 5. Consumo de combustível e rendimento de diferentes implementos de preparo do solo.

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

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

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

A incorporação de corretivos e, esporadicamente, de fertilizantes a menores profundidades, com a grade aradora,

associada à existência de uma camada compactada logo abaixo, vai estimular o sistema radicular das culturas a permanecer na parte superficial do solo. A planta passa a explorar, portanto, menor volume de solo e fica mais vulnerável a veranicos que porventura ocorram durante o ciclo da cultura, podendo causar prejuízos ao agricultor (Castro, 1989, DeMaria et al., 1999).

Devido a dificuldades técnicas encontradas no uso dos arados de aiveca (Figura 5) fabricados no País, para tração mecânica, os mesmos vinham sendo mais utilizados para tração animal. Entretanto, nos últimos anos, alguns fabricantes começaram a se interessar por esse tipo de arado e, com isso, alguns modelos têm sido disponibilizados no mercado, no sentido de melhorar a resistência dos materiais utilizados nesse arado, mecanismos de segurança contra quebra dos mesmos e também a largura de trabalho, para colocá-lo apto à tração mecânica nessas regiões.

Recentemente, o arado escarificador (Chisel Plow) (Figura 6) disponibilizado para a agricultura brasileira compõe mais um sistema conservacionista de manejo do solo. Basicamente, esses três tipos de arados têm as seguintes características:

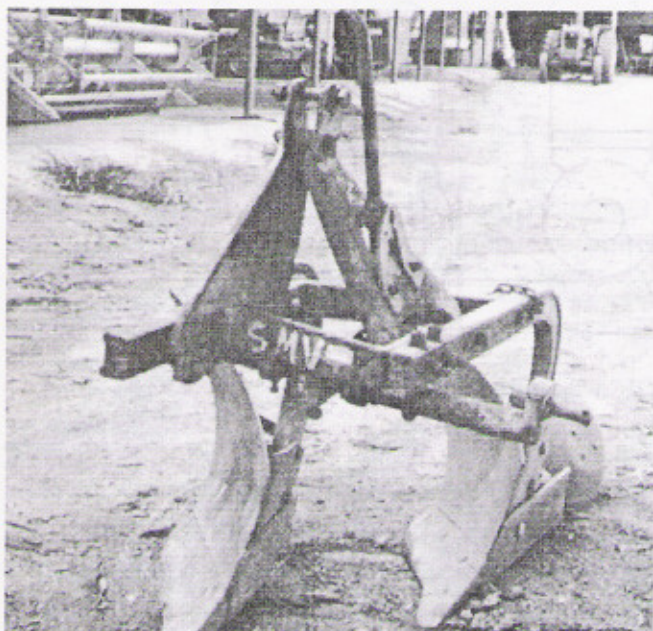


Figura 5. Arado de aiveca.

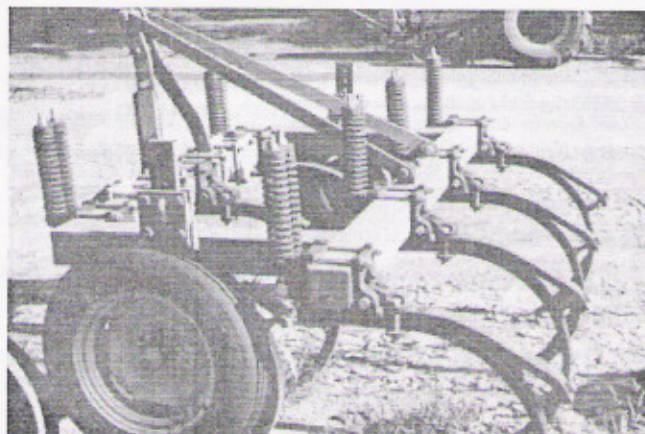


Figura 6. Arado escarificador.

Arado de disco: é recomendado para solos duros, com raízes e pedras, solos pegajosos abrasivos e solo turfosos.

Arado de aiveca: promove a incorporação de resíduo e boa pulverização do solo, sob condições ideais. Apresenta diferentes tipos de aiveca, de acordo com o tipo de solo.

Arado escarificador: aumenta a rugosidade do solo, deixando uma apreciável quantidade de cobertura morta e também quebra a estrutura do solo a uma profundidade de 20 a 25 cm. Com essas três características, esse sistema aumenta a capacidade de infiltração de água no solo, diminui a evaporação e quebra a camada compactada, abaixo da área de preparo do solo, denominada "pé-de-arado". As enxadas rotativas, como uma outra alternativa de manejo do solo, apresentam uma característica de preparo bastante conhecida: pulverização do solo (Figura 7).

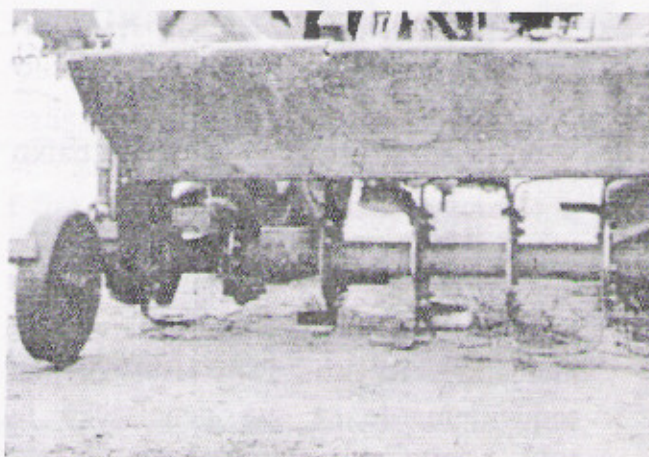


Figura 7. Enxada rotativa.

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

EQUIPAMENTOS PARA PLANTIO DIRETO

Basicamente, existem três tipos de máquinas de plantio direto: as que utilizam enxada rotativa, as que utilizam discos e as que utilizam facas.

1. Máquinas com Enxada Rotativa

Proporcionam boa distribuição e incorporação de adubo em faixa e é bastante resistente. Para as culturas de milho e soja, a semente é lançada rente ao solo, atrás das lâminas, e em culturas de espaçamento estreito, como trigo, as "botas" longas são substituídas por "botas" curtas, para evitar embuchamento com resíduos da cultura anterior (Figura 8).

Apresentam as seguintes desvantagens:

- Demandam tratores de alta potência;
- Desgaste rápido das lâminas de corte em solos abrasivos;

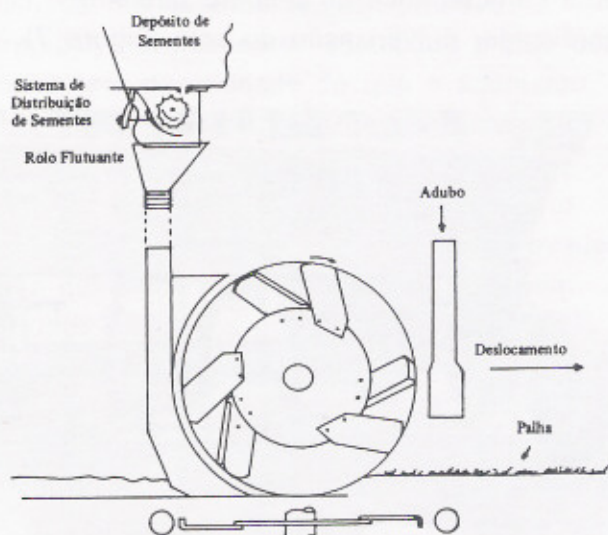


Figura 8. Sistema de enxada rotativa.

Fonte: Wiles & Yamaoka (1981)

- Dificuldade de trabalho em solos ondulados;
- Rendimento relativamente baixo.

2. Máquinas com discos

Os equipamentos de plantio direto com sistema de disco disponíveis no mercado brasileiro são, na sua maioria, de arrasto e, conseqüentemente, a sua penetração no solo é feita individualmente, devido ao fato de os discos de corte serem montados na barra porta-ferramenta, com a finalidade de acompanhar as pequenas ondulações do terreno. Esse sistema demanda tratores de menor potência, comparado com os sistemas que utilizam enxada rotativa, e o seu sucesso depende do teor de umidade do solo no plantio (Figura 9).

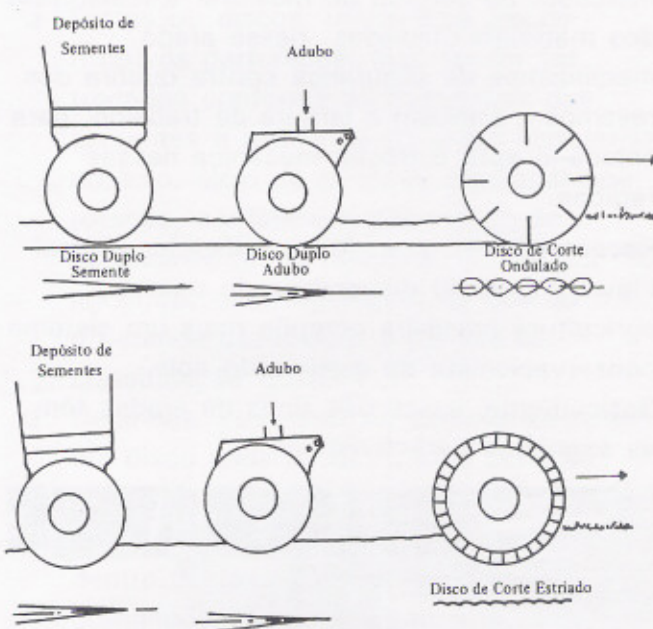


Figura 9. Sistema com disco de corte ondulado e estriado.

Fonte: Wiles & Yamaoka(1981)

3. Máquinas com facas

De acordo com Wiles e Yamaoka (1981), este sistema é o mais simples e o mais barato que existe (Figura 10), já sendo utilizado em algumas máquinas convencionais para plantio direto; os resultados mostram as seguintes dificuldades:

- movimentação excessiva do solo e consumo desnecessário de combustível;
- maior formação de torrões, principalmente em condições mais secas;
- mal funcionamento de herbicida residual;
- má colocação de sementes;
- problemas de embuchamento onde há muita palha.

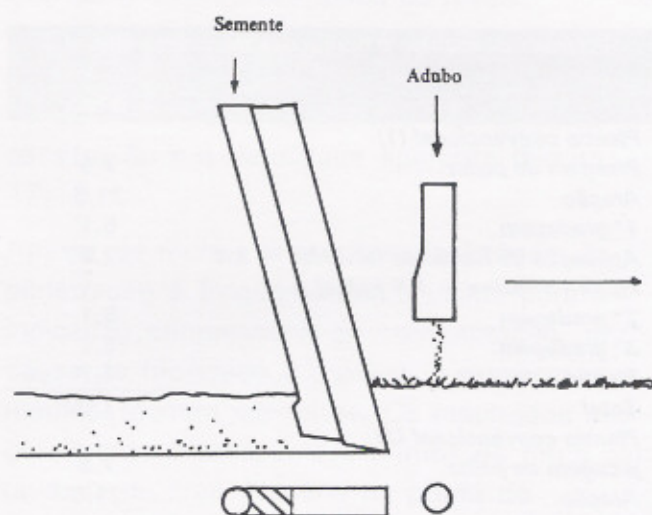


Figura 10. Sistema de facas simples.

Fonte: Wiles & Yamaoka(1981)

Com algumas modificações, muitas vezes simples, nas máquinas convencionais, pode-se eliminar ou pelo menos minimizar esses problemas.

Pitol (1999) recomenda que, em áreas de plantio direto de milho, deve-se empregar semeadoras com sulcadores (facão), visando eliminar compactações na linha e colocar o adubo em maior profundidade.

Requerimento de Energia

Os requerimentos de energia das operações de manejo de solo dependem do tipo de solo e do tratamento que ele sofreu anteriormente. Valores de consumo de energia das diferentes operações com implementos foram obtidos (Tabela 6) para os solos de alta, média e baixa resistência à tração. Os esforços de tração para os três tipos de solos foram convertidos para energia na barra de tração (Kwh/ha). A energia na tomada de potência, TDP (Kwh/ha), Figura 11, foi calculada, usando-se uma eficiência tratora entre 50% e 70%, dependendo do

Tabela 6. Requerimento de energia e consumo de combustível para as diferentes operações de preparo de solo e plantio.

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

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

Fonte: Richey et al.(1977)

tipo e das condições do solo. O consumo de combustível foi calculado usando-se uma estimativa de consumo de 2,46 TDP Kwh/l de diesel.

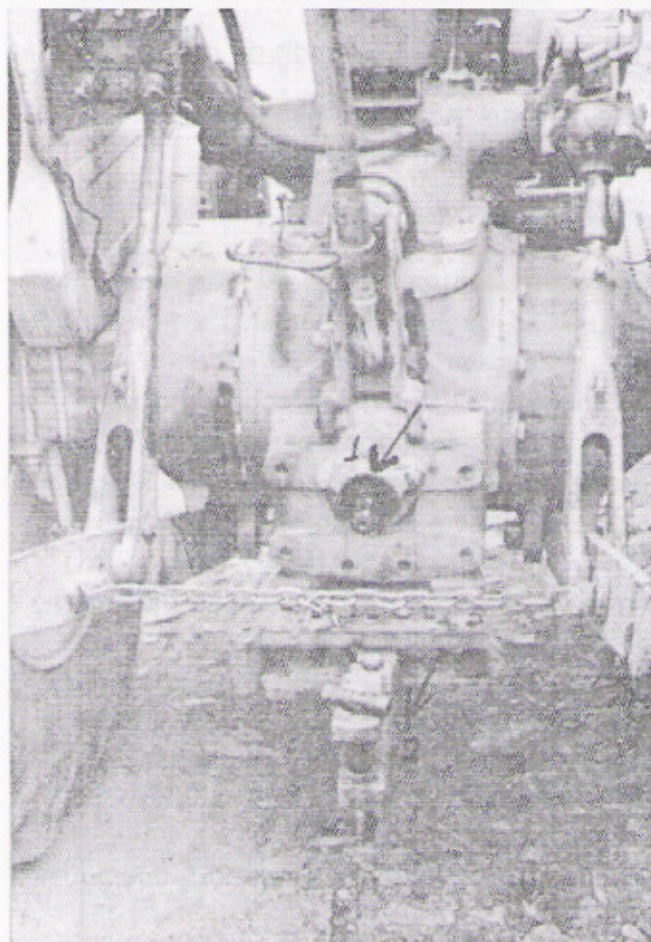


Figura 11. Tomada de potência do trator.

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

A adoção de qualquer sistema de manejo do solo pelo agricultor depende do consumo de energia do sistema e do conhecimento das características dos implementos agrícolas

utilizados. A Tabela 7 mostra uma comparação de consumo de combustível entre os sistemas convencional e plantio direto, para um solo de resistência média.

Tabela 7. Consumo de combustível (l/ha) para as diferentes operações de campo nos sistemas convencional e de plantio direto, em solos de resistência média à tração.

<i>Sistemas de manejo e operações de campo</i>	<i>Diesel requerido (l/ha)</i>
<i>Plantio convencional (1)</i>	
<i>Picagem de palha</i>	7,5
<i>Aração</i>	21,5
<i>1ª gradagem</i>	5,1
<i>Aplicação de herbicida (alachlor = 2,4 kg/ha + atrazine = 1,5 kg/ha)</i>	22,69
<i>2ª gradagem</i>	5,1
<i>3ª gradagem</i>	5,1
<i>Plantio</i>	4,7
<i>Total</i>	71,69
<i>Plantio convencional (2)</i>	
<i>picagem de palha</i>	7,5
<i>Aração</i>	21,5
<i>1ª gradagem</i>	5,1
<i>2ª gradagem</i>	5,1
<i>Plantio</i>	4,7
<i>1º cultivo</i>	9,4
<i>2º cultivo</i>	9,4
<i>Total</i>	62,7
<i>Plantio direto</i>	
<i>1ª pulverização (0,4 kg/ha) paraquat</i>	2.528
<i>2ª pulverização (2,4 kg/ha) alachlor (1,5 kg/ha) atrazine</i>	13.986
<i>Plantio</i>	4,7
<i>Total</i>	29.726

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

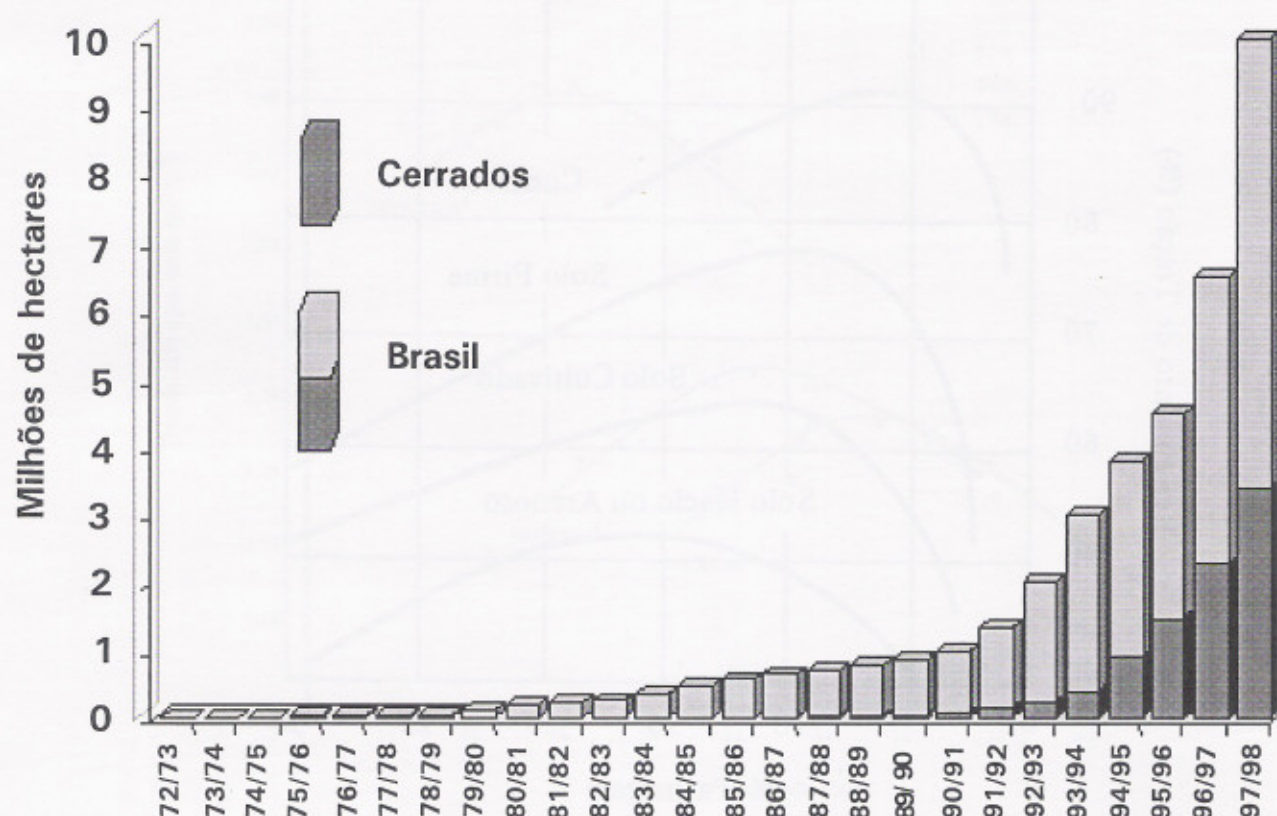


Figura 12. Expansão da área com plantio direto no Brasil e na região dos Cerrados (1972 a 1998)

Fonte: adaptado de Pereira (1997), citado por Saturnino (1998).

Os estados do Rio Grande do Sul e Paraná e a região dos Cerrados são os locais de maior expansão dessa técnica, que hoje é aplicada não só nas culturas de soja e milho, mas também de feijão, arroz, trigo, cana-de-açúcar e pastagens, além das aplicações de pré-plantio para florestas, citrus e café (Frutos da terra, 2000).

Problemas no manejo do solo

Atualmente, os problemas de compactação do solo têm sido uma preocupação por parte dos agricultores e, coincidentemente, tais problemas começam a chamar a atenção nas áreas onde a prioridade dos trabalhos com máquinas e implementos se restringe somente ao rendimento operacional (ha/h) e a qualidade do trabalho com o solo, ou seja, o manejo adequado, tem sido considerada

secundária. Considerando-se os resultados de pesquisa no Brasil e no exterior, nas áreas de manejo de solo e de mecanização agrícola, pode-se chegar a um equilíbrio dessas duas áreas, no sentido de dar ao agricultor condições para atender ao seu cronograma estabelecido, trabalhando com um bom rendimento operacional sem depreciar o solo. Para tanto, alguns conceitos básicos terão que ser adotados e avaliados, para melhor utilização do solo e da máquina.

Os tratores agrícolas deverão tracionar seus implementos, mantendo um alto rendimento de tração alto ($RD = \text{Potência na Barra de Tração} / \text{Potência do Motor}$). Para tanto, a porcentagem de patinação das rodas deverá ficar nos limites de 8% a 16% como mostra a Figura 13.

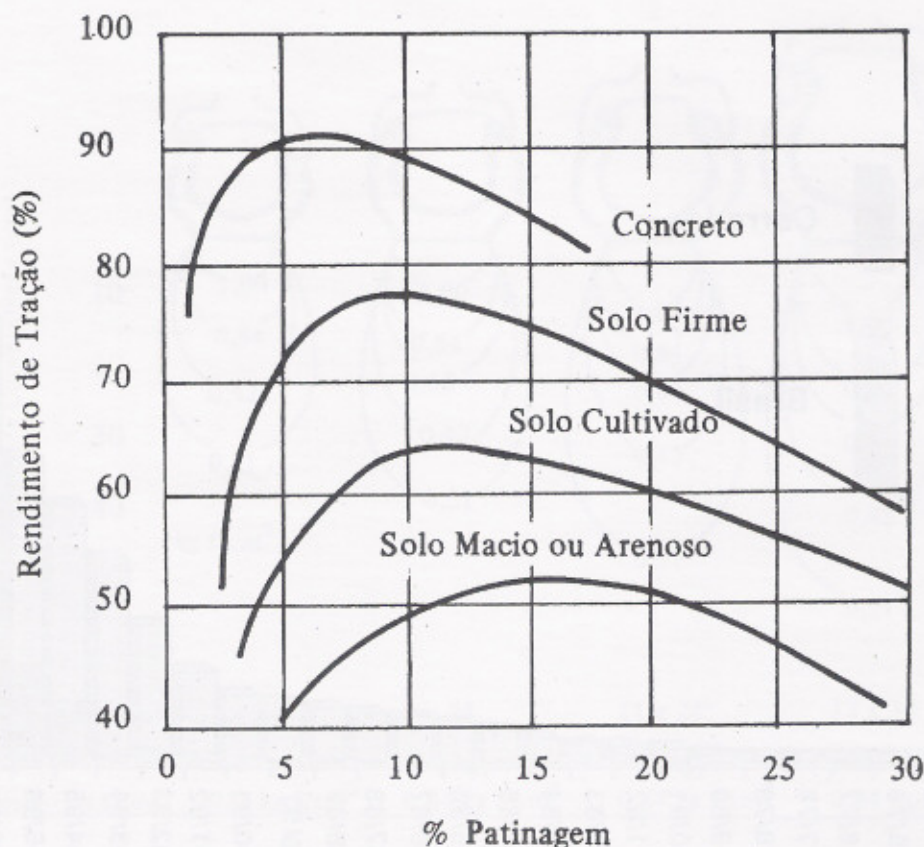


Figura 13. Rendimento de tração x porcentagem de patinação do pneu para um trator de tração das rodas dianteiras

Fonte: ASAE (1985)

Espera-se que o trator mantenha-se dentro desse limite, adicionando lastro, quando esse valor ultrapassar 16%, ou retirar lastro, quando esse valor ficar abaixo de 8%. Outras maneiras são conhecidas para melhorar a eficiência de tração, como, por exemplo, a escolha de pneus mais adequados para as diferentes situações de solo.

O teor de umidade solo tem grande influência no processo de compactação do solo. A Figura 14 mostra uma relação entre o teor de umidade e a densidade global de um latossolo vermelho-escuro, quando submetido a três energias de compactação. Na prática, essa energia de compactação representa o número de passadas do trator no solo.

A Figura 14 mostra que cada curva apresenta teor de umidade ótimo, que favorece a obtenção do valor máximo de densidade, ou seja, a compactação do solo. Geralmente, esse valor máximo de compactação está

sempre próximo ao teor de umidade correspondente à capacidade de campo. É interessante que se obtenha uma curva de compactação para cada tipo de solo e que se evite o trabalho com máquinas próximas a esse ponto ótimo de teor de umidade. Outro fato importante a notar é que, à medida que a energia de compactação aumenta, é necessária uma quantidade menor de água para se alcançar o máximo de compactação; isto serve de alerta para os equipamentos mais pesados.

Outra variável a ser considerada no processo de compactação é a textura do solo. Os solos cuja constituição apresenta partículas do mesmo tamanho são menos susceptíveis ao processo de compactação, comparados aos solos onde há mistura uniforme de argila, silte e areia. Isso se deve ao fato de as partículas de tamanhos diferentes se arranjam e preencherem os poros, quando

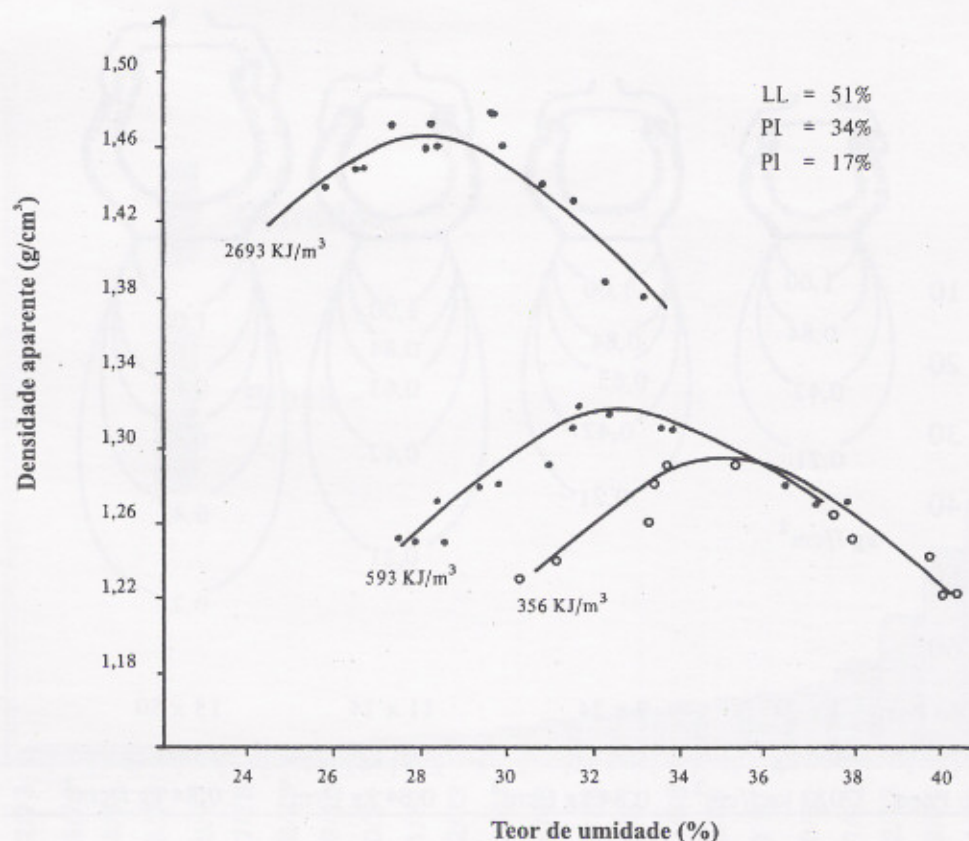


Figura 14. Curva de compactação do latossolo vermelho-escuro.

Fonte: Mantovani et al. (1984)

submetidos a uma pressão no solo. As pressões aplicadas à superfície do solo por um pneu de trator são aproximadamente iguais à pressão de inflar o pneu; entretanto, em alguns pontos, como o do gomo do pneu e das partes laterais dos aros, ocorrem pressões maiores localizadas. As pressões geradas na superfície do solo são chamadas pressões de contato, ou seja, a carga total aplicada à superfície, distribuída na área de contato com o solo, como mostra a Figura 15.

No caso dos tratores, esta área de contato com o solo, mostrada na Figura 15, é constituída pelas rodas e, no caso dos implementos, como o arado e as grades, são os discos. Por esse motivo é que as grades pesadas são consideradas agentes causadores de compactação, pois, numa área muito pequena do disco, o peso total do equipamento é distribuído. O volume de poros destruídos no solo por um

equipamento agrícola, devido à compactação, é igual ao volume do sulco produzido pelo equipamento.

O volume total de um solo é constituído do volume das partículas minerais do solo e do volume de poros entre as partículas. O volume de um poro é ocupado com água e/ou ar. O solo está compactado quando a proporção do volume total de poros para o volume total do solo é inadequada para o máximo desenvolvimento de uma cultura ou manejo eficiente do campo.

A compactação do solo pode ser considerada em relação à porosidade e densidade do solo e à resistência à penetração.

Porosidade e Densidade do Solo

Poros maiores geralmente são ocupados por ar e poros menores, por água. O melhor método direto para determinar a compactação do solo é o da densidade global. Densidade global é o peso de solo

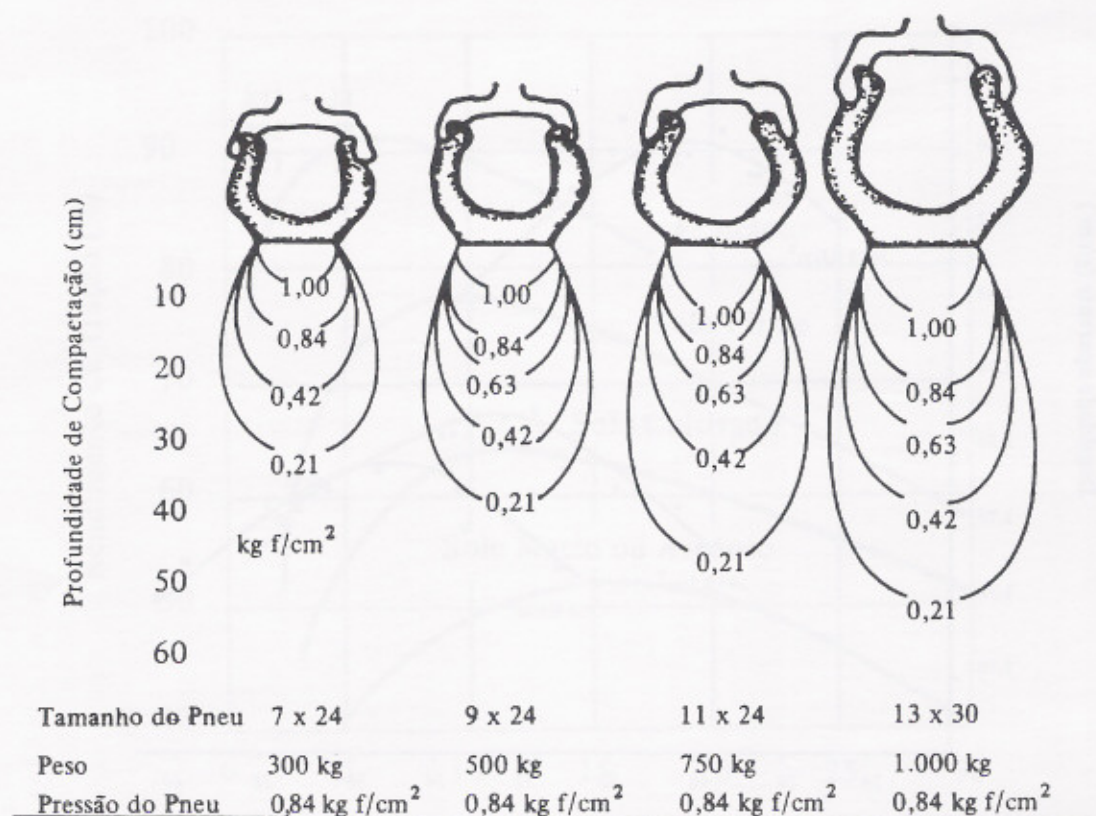


Figura 15. Efeito da pressão vertical (usando a equação de Boussinesq) sob vários tamanhos de pneu.

Fonte: Chancellor(1977)

seco, por unidade de volume total do solo, expressa em gramas por centímetros cúbicos.

A porosidade de um solo é a razão do volume total de poros para o volume total de solo, e é usualmente expressa em percentagem.

Porosidade pode ser determinada, uma vez que a densidade aparente é conhecida, usando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Porosidade} = \frac{DG}{DP}$$

$$\text{Densidade Aparente} = \frac{M}{V}$$

Densidade Aparente (g.cm⁻³)

DP = Densidade de Partícula (g.cm⁻³)

M = Massa de solo seco a 105°C, g

V = Volume da amostra, cm³

Para a maioria dos solos, a densidade de partículas tem um valor que varia de 2,55 a 2,70 g/cc e, quando informações mais específicas não são conhecidas ou disponíveis, pode-se assumir 2,65 g/cc.

Porosidade é o termo de maior significado para se usar na discussão de compactação do solo, por causa da descrição direta da proporção de volume do solo disponível para raízes das plantas, além da água e ar que elas requerem.

Resistência à Penetração

A resistência do solo à penetração de um cone penetrômetro é, como a taxa de infiltração de água, um indicador secundário de compactação do solo e não é medição física direta de qualquer condição específica do solo. À semelhança da infiltração do solo, é afetada por muitos outros fatores além da compactação do solo. O mais importante desses fatores é o teor de umidade do solo; densidade global não pode ser acuradamente inferida pela leitura de penetrômetro se os teores de umidade não são conhecidos. Resistência à penetração é altamente afetada

pela textura do solo (Figura 16). A utilidade das medidas de cone penetrômetro na medição de compactação é limitada às medidas comparativas feitas no mesmo solo, no mesmo teor de umidade. Resistência à penetração pode ser medida facilmente em várias profundidades, mas, se as medidas são para ser comparadas, o teor de umidade terá que ser o mesmo em todos os níveis. Quando o solo alcança o teor de umidade da capacidade de campo, há considerável variabilidade na relação entre resistência à penetração e a densidade aparente (Figura 17).

Apesar de muitas limitações, resistência à penetração é freqüentemente usada para a indicação comparativa de compactação, por causa da facilidade e rapidez, e numerosas medidas podem ser feitas. Os resultados são geralmente expressos em termos de força por unidade de área de cone na ponta do penetrômetro, Kg/cm^2 .

A relação entre resistência do solo e densidade aparente varia de solo para solo e, para um determinado solo, com o teor de

umidade. Mesmo quando o mesmo teor de umidade é usado, a relação das leituras de cone penetrômetro e densidade aparente do solo podem ser diferentes entre um solo compactado em condições de campo.

De posse dessas informações, pode-se entender agora como uma compactação do solo se desenvolve. Após uma pressão no solo, duas situações ocorrem:

1. Quebra do agregado do solo
2. Aumento da densidade global

Na quebra do agregado do solo, ocorre uma redução dos poros e com isto, ocorrem as seguintes consequências:

- a) Diminuição da troca de oxigênio e dióxido de carbono
- b) Limitação do movimento de nutrientes na água
- c) Aumenta a quantidade de água no solo
- d) A temperatura do solo decresce.

Com o aumento da densidade global, o solo aumenta a sua resistência à penetração, ocasionando:

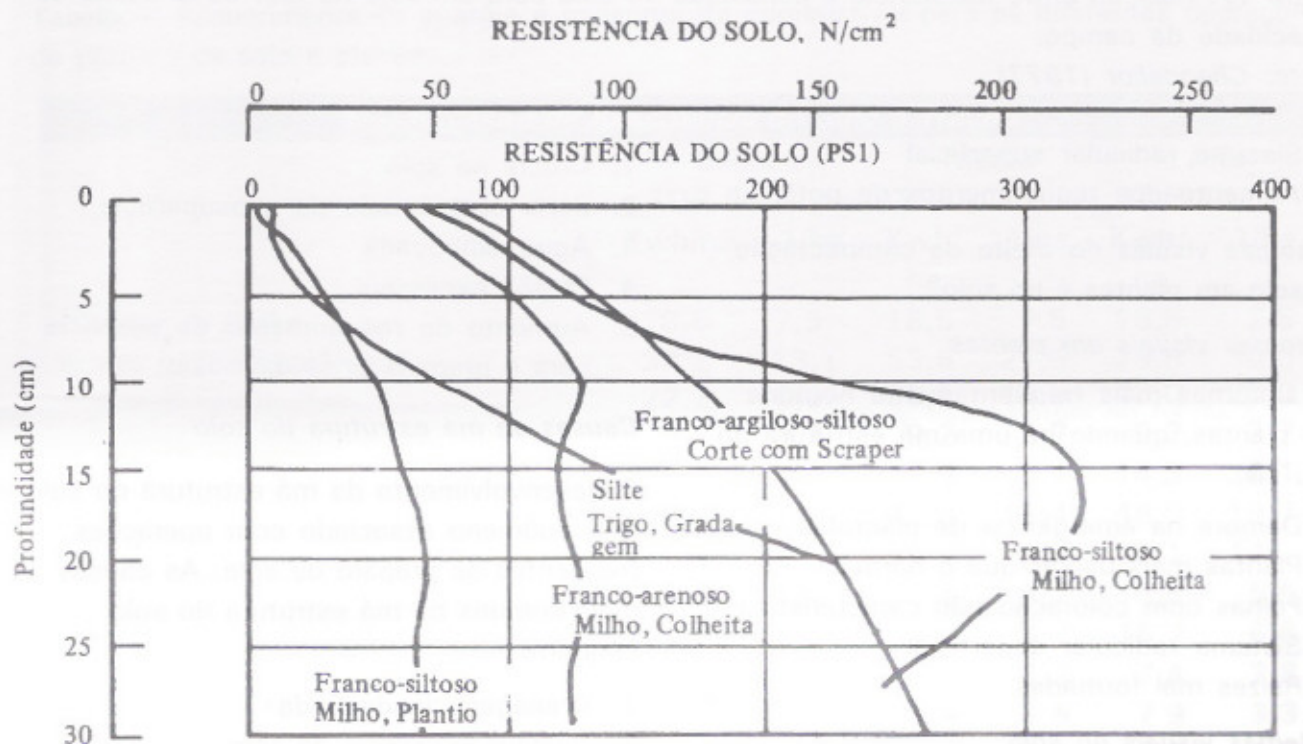


Figura 16. Curvas típicas de resistência do solo.
Fonte: Liljedahl et al. (1879)

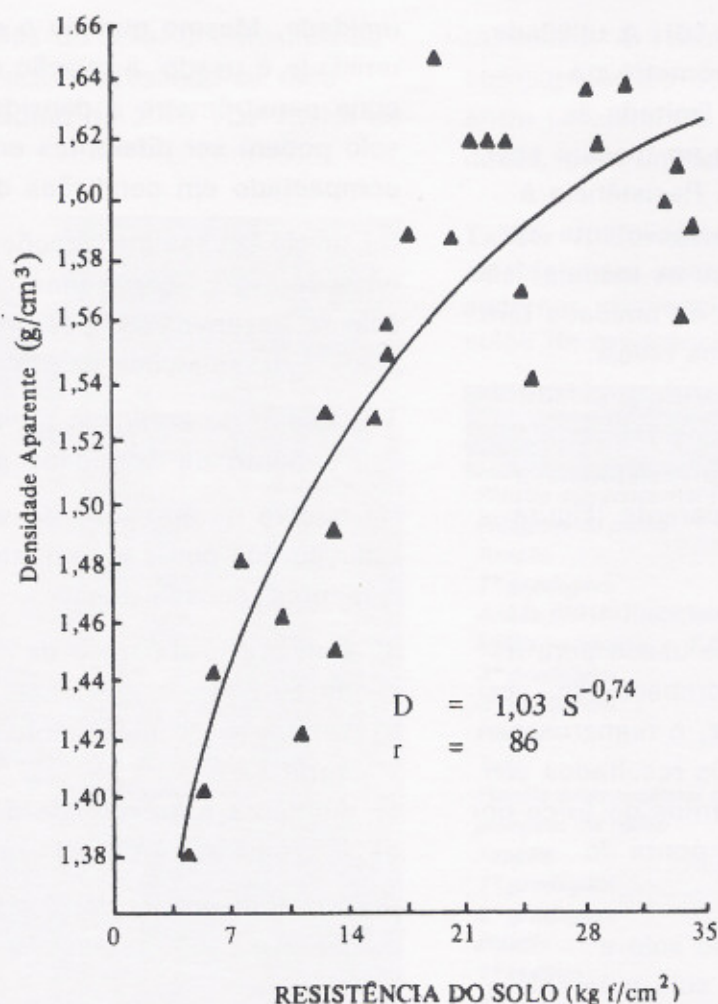


Figura 17. Relação entre resistência e densidade do solo para um solo no teor de umidade de capacidade de campo.

Fonte: Chancellor (1977)

- a) Sistema radicular superficial
- b) Aumento dos requerimentos de potência

Sintomas visuais do efeito da compactação do solo em plantas e no solo

Sintomas visuais em plantas

Os sintomas mais freqüentemente notados nas plantas, quando há uma má estrutura do solo são:

1. Demora na emergência de plântulas
2. Plantas mais baixas que o normal
3. Folhas com coloração não característica
4. Sistema radicular superficial
5. Raízes mal formadas

Sistemas visuais no solo

Há cinco sintomas, fáceis de serem observados, de má estrutura do solo:

1. Crosta no solo
2. Zona compactada de subsuperfície
3. Água empoçada
4. Erosão excessiva
5. Aumento de requerimento de potência para o preparo de solo

Causas de má estrutura do solo

O desenvolvimento da má estrutura do solo é um fenômeno associado com operações freqüentes de preparo de solo. As causas mais comuns da má estrutura do solo incluem:

1. Drenagem inadequada
2. Preparo excessivo do solo
3. Sistema intensivo de exploração de cultura

4. Operações impróprias no campo
5. Tipo dos implementos agrícolas

Melhorias da Estrutura do solo

Para melhorar a estrutura do solo, algumas medidas podem ser tomadas :

1. Proporcionar uma adequada drenagem do solo, tanto na superfície como na subsuperfície.
2. Utilizar princípios de "preparo conservacionista", para que o solo tenha o mínimo necessário de desagregação, e possa criar condições essenciais a uma rápida germinação, bom estande final e rápido desenvolvimento de plantas.
3. Testar o teor de umidade do solo na profundidade que se quer preparar, antes de qualquer tentativa de tratamento solo. Se o solo está molhado, adiar as atividades de campo.
4. Variar profundidade de aração de semente até a profundidade necessária.
5. Fazer uso do arado escarificador, quando os níveis de umidade no solo estão baixos.
6. Onde as condições de compactação do solo ocorrem, arar na profundidade em que a zona de compactação acontece, para provocar seu desaparecimento.
7. Arar com a roda do trator na superfície do solo, em vez de mantê-la no sulco.
8. Manter o arado bem reparado e ajustado.
9. Combinar operações de campo, para reduzir as movimentações de máquinas dentro do campo.
10. Onde necessário, espalhar o fertilizante e o calcário antes de fazer a aração.
11. Manter e melhorar os níveis de matéria orgânica no solo.
12. Usar resíduos de cultura como fonte de matéria orgânica do solo.
13. Incluir rotação de cultura, pelo menos uma cultura como milho, que produz uma quantidade apreciável de resíduo.
14. Fazer análise do solo com frequência e seguir as recomendações de adubação, para a obtenção de alta produtividade, tanto grãos como de resíduos.
15. Utilizar equipamentos mais leves.
16. Reduzir a pressão do solo em profundidade, com a utilização de pneus mais largos ou rodagem dupla (Figura 18)

Plantio

No plantio do milho, um importante aspecto é a regulagem da densidade de plantio; a densidade ótima que promoverá o rendimento máximo da lavoura varia basicamente com a

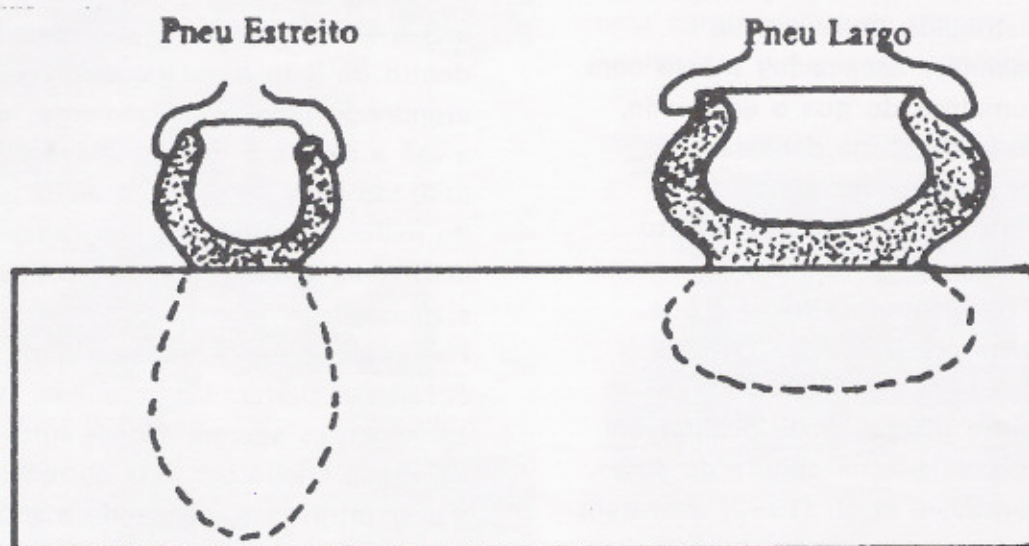


Figura 18. Distribuição da pressão do pneu no solo.

Fonte: Chancellor(1977)

cultivar e com a disponibilidade de água e nutrientes. Uma análise de mais de 200 cultivares de milho mostrou que a densidade recomendada pode variar de 40.000 a 70.000 plantas por hectare. Com relação à disponibilidade de água e de nutrientes, observa-se que a densidade deve ser aumentada sempre que esses fatores aumentarem, para que seja atingido o máximo rendimento de grãos (Cruz et al., 2000). Associado a densidade de plantio está o espaçamento entre fileiras. No Brasil, esse espaçamento é muito variável, indo de um metro a 80 cm, mas verifica-se uma tendência de se utilizarem cada vez mais os espaçamentos reduzidos, pelas seguintes razões: aumento no rendimento de grãos, por propiciar uma distribuição melhor de plantas na área, aumentando a eficiência na utilização de luz solar, água e nutrientes; melhor controle de plantas daninhas, em função do mais rápido fechamento dos espaços disponíveis; e redução da erosão, pela cobertura antecipada da superfície do solo (Cruz, 1999). O objetivo seria utilizar o mesmo espaçamento para o milho e a soja. Para isto, já existem colhedoras de milho que permitem a colheita em espaçamentos de até 50 cm.

A ocorrência de densidade de plantio aquém da desejada é comum em plantio direto, onde as condições de solo e da plantadora não são favoráveis. Onde há excesso de palha, palhada mal distribuída, microrrelevo irregular, normalmente associados a solo com maior teor de umidade do que o adequado, pode haver uma redução na densidade de plantio, além de causar emergência desuniforme e atraso no desenvolvimento inicial. Estes problemas podem ser agravados se a qualidade da plantadora não for boa. Estudos realizados por Delafosse (1986) mostraram que a falta de regularidade de espaçamento entre plantas pode resultar em perdas superiores a 15% na cultura do milho. Além disso, Mantovani et al. (1992) avaliaram nove semeadoras de milho e concluíram que, de maneira geral, a distribuição longitudinal de sementes era irregular e fora dos limites

aceitáveis, tendendo a se tornar mais irregular à medida que a velocidade de semeadura aumentava. Sugere-se, nesses casos, aumentar, na regulagem da plantadora, a quantidade de sementes de 5 a 10%, em relação ao plantio convencional. Também é importante manter a velocidade de semeadura dentro dos limites recomendados, de 4 a 6 km/h. O estabelecimento da densidade de plantio recomendada é também favorecido pelo uso de sementes de melhor qualidade e de cultivares que apresentem um melhor enraizamento e bom vigor inicial (Cruz, 1999).

Várias marcas e modelos de semeadoras-adubadoras disponíveis no mercado brasileiro utilizam basicamente os seguintes sistemas de distribuição de sementes:

- ❑ Pratos ou discos: utilizam-se discos rotativos perfurados, que devem ser trocados conforme as dimensões das sementes e a quantidade a ser distribuída no solo, além de exigirem regulagem na rotação, conforme a velocidade de deslocamento da máquina, permitindo ao agricultor uma regulagem de acordo com o estande desejado e a peneira de classificação do milho.
- ❑ Dedinhos: esse sistema caracteriza-se por um disco onde se fixam uma série de pequenas chapas curvas, pivotadas, que, sob o efeito de molas, ao mergulhar dentro do leito de sementes, fecham-se, prendendo uma única semente, elevando-a até a cavidade de distribuição. É mais utilizado para sementes graúdas, como as do milho. Esse tipo de semeadora também deve ser regulado, a exemplo dos outros sistemas.
- ❑ Pneumático: opera também com discos dosadores perfurados rotativos, nos quais as sementes aderem a cada furo, devido ao vácuo criado por uma corrente de ar que os atravessa, causando a sucção de um ventilador, sendo as sementes liberadas quando o vácuo é neutralizado por um obturador, e captadas por tubos

distribuidores. Como nos outros sistemas, para cada tipo de semente, deve-se dispor de um disco dosador e fazer uma regulação de velocidade adequada.

O tratamento de sementes de milho com inseticidas, utilizado para combater pragas de solo durante o plantio, altera a rugosidade da superfície delas, pelo aumento do ângulo de repouso, afetando o desempenho da semeadora, pela dificuldade de movimentação no depósito e também nos sistemas distribuidores (discos ou dedos prensos). Uma maneira de contornar esse problema de escoamento pode ser o uso de uma substância inerte lubrificante, como o grafite, que diminua tanto o coeficiente de atrito entre as sementes como dessas com a parede do reservatório. De acordo com Mantovani et al. (1999), a dose de grafite indicada para uso no depósito é de, no mínimo, 4 g/kg de sementes.

Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas apresentam importante efeito sobre a produção agrícola, devido ao alto grau de interferência imposta às culturas. Perdas na produção ocasionadas pela interferência de plantas daninhas na cultura do milho têm sido estimadas por vários autores, variando de 10% (Marcon et al. 2000) a 85% (Silva e Pires, 1990).

Mundialmente, as perdas de produção da cultura de milho, pela interferência de plantas daninhas, foram estimadas em 13,1% (Walter, 1995).

O manejo de plantas daninhas na cultura do milho deve enfatizar a adequação dos diferentes métodos de controle, levando em consideração a infra-estrutura e mão de obra disponível na propriedade.

Qualquer método de controle pode ser igualmente eficiente, desde o controle mediante capina manual até o controle químico, por meio de herbicidas.

A capina mecânica usando cultivadores, tracionados por animais ou tratores, ainda é o

sistema mais utilizado no Brasil. As capinas devem ser realizadas nos primeiros 40 a 50 dias após a emergência da cultura. Nesse período os danos ocasionados à cultura são minimizados, comparados com os possíveis danos (quebra e arranquio das plantas de milho) em capinas realizadas tardiamente. O cultivo deve ser realizado superficialmente, de preferência em dias quentes e secos, com solo seco, aprofundando-se as enxadas o suficiente para o arranquio ou corte das plantas daninhas. A produtividade desse método é de aproximadamente 0,5 a 1 dia/homem hectare (tração animal) e 1,5 a 2,0 horas por hectare (tratorizada) (Silva et al., 1987)

O método de controle químico consiste na utilização de herbicidas. Embora seja o método de controle que mais vem crescendo nos últimos tempos, de acordo com Kissmann (2000), a área de milho tratada com herbicida, no Brasil, corresponde a apenas 28%, enquanto, na Argentina e no Uruguai, as áreas tratadas com herbicidas correspondem a 98% e 65%, respectivamente.

Os problemas verificados na ineficiência do controle de plantas daninhas com herbicidas, na maioria dos casos, são relacionados à tecnologia de aplicação. Ross e Lembi (1999) mostraram que 46% dos problemas das aplicações ocorrem na calibragem do pulverizador, 5% na mistura de produtos e 12% na combinação da calibragem e da mistura de produtos.

Adubação em cobertura

Deve ser feita geralmente quando o milho apresenta de 6 a 8 folhas; é complicado quando se aplica uréia, pois esta deve ser incorporada, para evitar perdas; se as lavouras forem muito grandes, poderá haver dificuldades e causar quebras de plantas. Alguns agricultores fazem duas coberturas: a primeira quando o milho apresenta cerca de quatro folhas e a segunda, com cerca de oito folhas. Geralmente, quando o agricultor usa

potássio em cobertura ele é aplicado na primeira cobertura, junto com o nitrogênio, na forma 20-00-20. A partir da 8ª folha, o milho aumenta sua absorção de nitrogênio, mas a adição desse elemento até a 10ª folha não terá grandes problemas.

Controle de pragas

Difícilmente uma lavoura comercial deixa de controlar a lagarta-do-cartucho; esse controle se inicia com o tratamento de sementes; muitas vezes problemas com variações no espaçamento causam dificuldades na aplicação e controle. Hoje, é comum aplicar micronutrientes (boro e molibdênio) junto com os inseticidas

Colheita

O agricultor deve integrar a colheita ao sistema de produção e planejar todas as fases, para que o grão colhido apresente bom padrão de qualidade. Nesse sentido, várias etapas, como a implantação da cultura até o transporte, secagem e armazenamento dos grãos, têm de estar diretamente relacionadas.

Para um melhor escoamento da safra depois de colhida, alguns aspectos devem ser levados em consideração desde o planejamento da instalação. Num sistema de produção em que, por exemplo, o milho vai começar a ser colhido com o teor de umidade superior a 13%, alguns pontos decisivos devem ser destacados:

- ❑ área total plantada e data de plantio de cada gleba;
- ❑ produtividade de cada gleba;
- ❑ número de dias disponíveis para a colheita;
- ❑ número de colhedoras;
- ❑ distância entre os silos e as glebas;
- ❑ número de carretas graneleiras;
- ❑ velocidade da colheita;
- ❑ número de horas de colheita/dia;
- ❑ teor de umidade do grão;
- ❑ capacidade do secador;
- ❑ capacidade do silo de armazenamento.

Início da colheita

Em tese, o ponto ideal para o início da colheita se dá a partir da maturação fisiológica do grão, o que acontece no momento em que 50% das sementes na espiga apresentam uma pequena mancha preta no ponto de inserção das mesmas com o sabugo. Todavia, se não houver a necessidade de antecipação da colheita, esta pode ser iniciada quando o teor de umidade estiver na faixa entre 18 e 20%. Para tal, o produtor deve levar em consideração a necessidade e disponibilidade de secagem, o risco de deterioração, o gasto de energia na secagem e o preço do milho na época da colheita.

Planejamento da Colheita

Para melhorar o rendimento, as áreas devem ser divididas com carregadores, de forma a facilitar a movimentação da colhedora e o escoamento da colheita pelas carretas ou caminhões.

Diferença de produtividade das glebas, assim como desuniformidade nas condições da cultura no campo, também podem alterar a capacidade efetiva de utilização da colhedora, isto é, a quantidade de milho colhida em determinada área, por unidade de tempo.

A fim de obter uma boa colheita, devem ser considerados também os seguintes itens:

- ❑ a regulagem do espaçamento entre cilindro e côncavo;
- ❑ a velocidade de rotação do cilindro;
- ❑ o teor de umidade do grão;
- ❑ a qualidade do grão e as perdas.

O conjunto formado pelo cilindro e o côncavo constitui o que pode ser chamado de "coração" do sistema de colheita e exige muita atenção na hora da regulagem. O cilindro adequado para a debulha do milho é o de barras, e a distância entre este e o côncavo é regulada de acordo com o diâmetro médio das espigas. A distância deve ser tal que a espiga seja debulhada sem ser

quebrada e o sabugo saia inteiro ou, no máximo, quebrado em grandes pedaços.

Outro ponto fundamental é a relação entre a rotação do cilindro e o teor de umidade. A rotação do cilindro debulhador é regulada conforme o teor de umidade dos grãos, ou seja, quanto mais úmidos, maior será a dificuldade de debulhá-los, exigindo maior rotação do cilindro batedor. À medida que os grãos vão perdendo umidade, eles se tornam mais quebradiços e mais fáceis de serem destacados, sendo necessário reduzir a rotação do debulhador.

A regulagem de rotação do cilindro e a abertura entre o cilindro e o côncavo é uma decisão entre a opção de perda e grãos quebrados, sem nunca ter os dois fatores 100% satisfatórios. Por exemplo, em caso de sementes, pode-se optar por uma perda maior, com menos grãos quebrados.

Pesquisas realizadas na Embrapa Milho e Sorgo, com uma colhedora automotriz, confirmam que, em teores de umidade mais altos (22 a 24%), há maior dificuldade para se destacar a semente do sabugo, sendo recomendado colher com rotações na faixa entre 600 e 700 rpm. À medida que os grãos vão secando no campo, as rotações mais baixas são recomendadas, pela facilidade de debulhar, além de reduzir risco de danificação mecânica na semente.

No caso da colhedora de cilindro helicoidal, acoplada ao trator, verificou-se que a debulha foi mais eficiente, tendo-se conseguido retirar praticamente todos os grãos dos sabugos, apesar de o mecanismo debulhador não ter regulagem para variação de rotação.

Durante a regulagem do sistema de debulha, devem ser verificadas algumas partes da colhedora, como: tanque graneleiro, para ver se há grãos quebrados; elevador da retilha, para saber se há muito material voltando para o sistema de debulha e saindo da máquina, a fim de verificar se está saindo grão preso ao sabugo e se o sabugo está sendo muito quebrado.

Qualidade dos grãos: No final da década de 70, a Embrapa Milho e Sorgo realizou uma avaliação dos danos mecânicos em grãos de milho durante a colheita. O método utilizado aliava inspeção visual à determinação de um índice de danos, baseado na avaliação do poder germinativo de sementes com diferentes categorias de danos. Os resultados mostraram que, em todas as situações, o índice de danos é menor quando os grãos foram colhidos em rotações mais baixas e teores de umidade inferiores a 16%.

Verificou-se, também, que a quantidade de grãos com danificação muito severa (grãos quebrados com mais da metade faltando) não foi afetada pela rotação do cilindro na faixa de 400 a 700 rpm, para a automotriz, e na faixa de 850 a 980 rpm, para a colhedora acoplada ao trator. Entretanto, a danificação dessa categoria aumentou à medida que o teor de umidade aumentava de 12 a 14% (dano de 2 a 3%) para 20 a 24% (dano de 6 a 8%), tendo sido maior também na colheita pela máquina acoplada ao trator.

A quantidade de grãos com danos considerados grandes (trincas no embrião, menos da metade do grão faltando) não foi afetada pela rotação do cilindro (550 a 700 rpm) quando o teor de umidade estava alto, começando a ser afetada pela rotação (400 a 550 rpm) nas faixas mais baixas de umidade.

Grãos com danos aparentemente menos severos apareceram em maior quantidade, em todos os casos, em teores de umidade mais baixos, mesmo tendo-se usado rotações de cilindro mais baixas. Os resultados mostram que, para rotações do cilindro debulhador entre 400 e 550 rpm e grãos com umidade entre 14 e 20%, o percentual de danos foi em torno de 25%, considerando a colhedora automotriz. Já no caso da colhedora acoplada ao trator, mais de 50% dos grãos apresentaram esse tipo de dano em todas as situações.

Perdas

A velocidade de trabalho recomendada para uma colhedora é determinada em função da produtividade da cultura do milho, por causa da capacidade admissível de manusear toda a massa que é colhida junto com o grão. A faixa de velocidade de trabalho varia de 4 a 6 km/h, mas em colheita, o trabalho é medido em toneladas/hora. Portanto, ao tomar a decisão de aumentar ou diminuir a velocidade, não deve-se preocupar com a capacidade de trabalho da colhedora em hectares/hora, mas verificar se os níveis toleráveis de perdas de 1,5 saco/ha para o milho estão sendo obtidos.

Existem quatro tipos de perdas:

Pré-colheita - O primeiro tipo de perda ocorre no campo, sem nenhuma intervenção da máquina de colheita e deve ser avaliada antes de iniciar a colheita mecânica. Essa avaliação tem também o objetivo de saber se uma cultivar apresenta ou não problemas de quebramento excessivo de colmo, se é adaptada ou não para colheita mecânica.

Plataforma - As perdas de espigas na plataforma são as que causam maior preocupação, uma vez que apresentam efeito significativo sobre a perda total. Podem ter sua origem na regulagem da máquina de colheita, mas, de maneira geral, estão relacionadas com a adaptabilidade da cultivar à colhedora (uniformidade da altura da inserção de espiga, altura de inserção de espiga, porcentagem de acamamento de plantas, porcentagem de quebramento de plantas), o número de linhas das semeadoras, que deverá ser igual ou múltiplo do número de bocas da plataforma de colheita e parâmetros inerentes à máquina de colheita (velocidade de deslocamento, altura da plataforma, regulagem das chapas de bloqueio da espiga e regulagem do espaçamento entre bocas).

Grão soltos - As perdas de grãos soltos (rolo espigador e de separação) e de grãos no sabugo estão relacionadas com a regulagem

da máquina. O rolo espigador, geralmente no final da linha, recebe um fluxo menor de plantas e, com isso, debulha um pouco a espiga, ou então a chapa de bloqueio está um pouco aberta e/ou com espigas menores que o padrão, entrando em contato com o rolo espigador. As perdas por separação são ocasionadas quando ocorre sobrecarga no saca-palha, peneiras superior ou inferior um pouco fechadas ventilador com rotação excessiva e sujeira nas peneiras.

Grãos nos sabugos - Esse tipo de perda ocorre em função da regulagem do cilindro e côncavo e apresenta como possíveis causas a quebra do sabugo antes da debulha, grande folga entre cilindro e côncavo, velocidade elevada de avanço, baixa velocidade do cilindro debulhador, barras do cilindro estão tortas ou avariadas, côncavo está torto e existência de muito espaço entre as barras do côncavo.

Nos teores de umidade mais altos, testes indicaram que a perda de grãos no sabugo foi o que mais contribuiu para o aumento da perda total. Por isso, rotações mais altas (600 a 800 rpm) são mais indicadas.

Nos teores de umidade mais baixos, a perda de espigas após a colheita foi a maior responsável pelas perdas totais e a rotação mais indicada está na faixa de 400 a 600 rpm.

A secagem natural do milho no campo traz benefícios no sentido de economizar energia na secagem artificial, mas, à medida que o milho seca, diminui a concorrência com as plantas daninhas, aumentando a incidências destas. Esse fato traz inúmeros problemas para a operação de colheita mecânica, como, por exemplo, o embuchamento das colhedoras com plantas daninhas, impedindo que as máquinas tenham bom desempenho.

Exemplo de cálculo para uso da colhedora

Considerando-se uma colhedora trabalhando a uma velocidade de 5 km/h e com plataforma de quatro bocas, espaçadas 90 cm entre si, em um campo cuja produtividade

é de 6.000 kg/ha, a capacidade teórica de colheita é:

$$\text{Capacidade Teórica} = \frac{(5.000 \text{ m/h} \times 3,6 \text{ m})}{1.000 \text{ m}^2/\text{ha}} = 1,8 \text{ ha/h}$$

Se, no período de uma hora, foram colhidos 1,42 ha de milho, a eficiência de campo é igual a:

$$\text{Eficiência de Campo} = \frac{1,42 \times 100}{1,8} = 80\%$$

No caso de colheita mecânica, são aceitáveis valores médios de eficiência de campo entre 70% e 80% ou, em outras palavras, 20% a 30% do tempo perdido em manobras, desembuchamento, consertos, entre outros.

Considerando que as áreas a serem colhidas, de modo geral, apresentam produtividades (t/ha) desuniformes, é importante relacionar a capacidade efetiva de trabalho em colheita em t/h.

Cálculo de Capacidade Efetiva de Trabalho (CET)

Se, por exemplo, uma determinada colhedora automotriz estiver trabalhando em dois locais diferentes, campos A e B, com produtividades de 7 t/ha e 3 t/ha, respectivamente, e eficiência de campo de 80%, o tempo necessário para colher o campo B poderá ser menor, mas a quantidade colhida por tempo, é maior em A. Justifica-se, assim, a redução da velocidade de colheita, para evitar embuchamento. Pode-se, então, fazer o seguinte cálculo de Capacidade Efetiva de Trabalho (CET):

Campo A: velocidade 3 km/h

$$\text{CET} = \frac{(3.000 \text{ m/h} \times 3,6 \text{ m} \times 0,8 \times 7.000 \text{ kg/ha})}{10.000 \text{ m}^2/\text{ha}} = 6.048 \text{ kg/h}$$

Campo B: Velocidade 5 km/h

$$\text{CET} = \frac{(5.000 \text{ m/h} \times 3,6 \text{ m} \times 0,8 \times 3.000 \text{ kg/ha})}{10.000 \text{ m}^2/\text{ha}} = 4.320 \text{ kg/h}$$

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, St Joseph. *Agricultural engineers yearbook*. St Joseph. Michigan, 1985.798p.(EP371)
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, St Joseph. *Compaction of agricultural soil*. St Joseph. Michigan, 1971.471p.(Monograph)
- BRUNINI, O.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A.L.M.; PAULO, E. M.; DUARTE, A P.; KANTHACK, R.A.; CASTRO, J. L. de; GALO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; LANDEL, M.; DE SORGI, G.; SAWAZAKI, E.; BOLOGNESI, D.; NICOLLELA, A. C.; VILELA, O.; FUJIWARA, M.; ARRUDA, F. B.; MEREGE, W. H. Interação: época de plantio, duração do ciclo e produção para a cultura do milho no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife, PE. *Globalização e segurança alimentar* – resumos expandidos. Recife: ABMS, 1998. CD ROM
- CASTRO, O. M. de. *Preparo do solo para a cultura do milho*. Campinas : Fundação Cargill, 1989. 41p. (Fundação Cargill. Série Técnica, 3).
- CHANCELLOR, W.J. *Compaction of soil by agricultural equipment*. Berkely: University of California, 1977. 53p. (Bulletin, 1981)
- CRUZ, J. C. *Effect of crop rotation and tillage systems on some soil properties, root distribution and crop production*. 220 f. Thesis (Doctor of Philosophy) - Purdue University, 1982.
- CRUZ, J. C. No plantio direto o milho é o melhor. *Cultivar*, Pelotas, v.1, n.8, p. 28-29, 1999.
- CRUZ, J. C.; PERREIRA FILHO, I. A.; GAMA, E. E. G. e; PEREIRA, F. T. F.; CORRÊA, L. A. *Cultivares de milho no mercado de sementes de milho no Brasil no ano 2000*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 33p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documento, 4)
- CRUZ, J.C. *Prá começar a safra com o pé direito. A Granja*, Porto Alegre, v.55, n.609, p.12-22, set. 1999.
- CRUZ, J. C. Manejo de solos em sucessão de culturas. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA". 5., 1999, Barretos, SP. *Anais...* Campinas: IAC, 1999. p.39-49.
- DELAFOSSSE, R. M. *Maquinas semeadoras de grano grueso*. Santiago: Oficina Regional de La FAO para América Latina & el Caribe, 1986. 48p.
- DeMARIA, I.C.; DUARTE, A.P. *Sistemas de preparo do solo e sucessão de culturas para implantação e*

desenvolvimento do milho "safrinha". In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA". 4., 1997, Assis, SP. *Anais*. Campinas: IAC/CDV, 1997. p.71-80.

DeMARIA, I.C.; DUARTE, A.P.; CANTARELLA, H.; PECHE FILHO, A.; POLISINI, G. Caracterização de lavouras de milho "safrinha" no Vale do Paranapanema. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA". 5., 1999, Barretos, SP. *Anais...* Campinas: IAC, 1999. p.229-238.

DERPSCH, R. Rotação de culturas; plantio direto e convencional. São Paulo: Ciba-Geigy, 1986. n.p.
DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/Londrina: IAPAR, 1991. 272p. (Sonderpublikation der GTZ, n.245)

DUARTE, A.P. Como fazer uma boa Segunda safra. *Cultivar*, Pelotas, v.3, n.25, p.10-18, fev. 2001.

FRUTOS DA TERRA. São Paulo: Monsanto, v.4, n.14, 2000.

GRIFFITH, D.R.; PARSONS, S.D. *Energy requirements for various tillage-planting systems*. West Lafayette: Coop. Ext. Serv., Purdue University, 1980. 8 p. (Leaflet, ID-141)

INDICADORES DA AGROPECUARIA. Brasília: CONAB, v.9, n. 10, out. 2000.

LILJEDAHN, J. B.; CARLESTON, W. M.; TURNQUIST, P.K.; SMITH, D.W. *Tractor and their power units*. 3.ed. New York: J. Wiley, 1979.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S.; ROCHA, F. E. C. Avaliação da eficiência operacional de diferentes semeadoras-adubadoras de milho. Brasília, DF: *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 27, n.12, p.1579-1586, 1992.

MANTOVANI, E.C.; KRUTZ, G.W.; GIBSON, H.G.; ESTEINHARDT, G.C. *A soil surface traffic - corn yield model for a soil under cerrado vegetation in Brazil with less than 10 years of cultivation*. St. Joseph, Michigan: ASAE, 1984. 20p. (ASAE Paper 84-1546).

MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-55, mar. 1987

MANTOVANI, E.C. Máquinas e implementos agrícolas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.56-63, mar.1987.

MELO FILHO, G. A. de; RICHETE, A. *Perfil sócio-econômico e tecnológico dos produtores de soja e milho de Mato Grosso do Sul*. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. 57p. (EMBRAPA-CPAO.Documentos, 15)

PITOL, C. Plantio direto na cultura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA". 5., 1999, Barretos, SP. *Cursos...* Campinas: IAC, 1999. p.1-4.

RICHEY, C.B.; GRIFFITH, D.R.; PARSONS, S.D. Yield and cultural energy requirements for corn and soybean with various tillage-planning systems. *Advances in Agronomy*, New York, v.29, p.141-181, 1977.

RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M.T.B. da (Coord.) *A soja em rotação de culturas no plantio direto*. Cruz Alta, RS: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998. cap.1, p.1-34.

TÉCNICOS e agricultores discutem os rumos do PD no terceiro milênio. *A Granja*, Porto Alegre, v.56, n.619, p.64-65, 2000.

WILLES, J.C.; YAMAOKA, R.S. Mecanização. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, PR. *Plantio Direto no Estado do Paraná*. Londrina, 1981. p.59-99. (IAPAR.Circular Técnica,23).

Circular Técnica, 11

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E DO ABASTECIMENTO

GOVERNO
FEDERAL
Trabalhando em todo o Brasil

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Caixa Postal 151 CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3779-1000
Fax: (31) 3779-1088
E-mail: sac@cnpm.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2001): 500

Comitê de publicações

Presidente: Ivan Cruz
Secretário-Executivo: Frederico Ozanan M. Durães
Membros: Antônio Carlos de Oliveira, Arnaldo Ferreira da Silva, Carlos Roberto Casela, Fernando Tavares Fernandes e Paulo Afonso Viana

Expediente

Supervisor editorial: José Heitor Vasconcellos
Revisão de texto: Dilermando Lúcio de Oliveira
Tratamento das ilustrações: Dilermando L. de Oliveira
Editoração eletrônica: Dilermando Lúcio de Oliveira