

## 7

# Sistema plantio direto: evolução e implementação

José Eloir Denardin  
Rainoldo Alberto Kochhann  
José Pereira da Silva Junior  
Sirio Wiethölter  
Antonio Faganello  
Arcenio Sattler  
Anderson Santi

## Introdução

Os solos sobre os quais se desenvolve a triticultura no Brasil são, predominantemente, Latossolos, Argissolos e Neossolos. Em menor proporção, ocorrem Plintossolos, Cambissolos e Nitossolos. Em geral, Latossolos e Argissolos são solos profundos, bem drenados e distribuídos em relevos suave-ondulados a ondulados, sem limitações para a mecanização agrícola. Ao contrário, Neossolos, Plintossolos e Cambissolos, com elevada frequência, são rasos, mal drenados e apresentam limitações à mecanização em decorrência de pedregosidade e topografia acidentada (SISTEMA..., 1999; STRECK et al., 2008).

Sob condição natural, grande parte desses solos apresenta forte limitação química ao desenvolvimento de espécies cultivadas que compõem os modelos de produção que integram a cultura de trigo (*Triticum aestivum* L.), destacando-se reação ácida, presença de alumínio trocável, baixa

disponibilidade de fósforo e baixa soma e saturação por bases trocáveis, sendo classificados, frequentemente, como distróficos. O teor de matéria orgânica do solo, em geral, raramente ultrapassa 3%, embora possa alcançar quantidade superior a 4% em alguns Latossolos, Neossolos e Cambissolos (SISTEMA..., 1999; STRECK et al., 2008).

Os atributos físicos, inerentes à condição natural, conferem a esses solos ilimitada restrição ao desenvolvimento de espécies cultivadas. Nas classes Latossolo, Argissolo, Nitossolo e Cambissolo, a fração argila predominante é composta por minerais do tipo 1:1 (caulinita) e por óxidos de ferro e alumínio, que conferem elevada estabilidade aos microagregados. A estabilidade dos macroagregados é dependente do nível e da qualidade da matéria orgânica do solo. Apresentam ainda, porosidade total que pode ultrapassar a  $0,60 \text{ m}^3/\text{m}^3$  e, conseqüentemente, elevada permeabilidade à água e ao ar, baixa resistência à penetração de raízes, bem como média a baixa suscetibilidade natural à erosão hídrica (Tabela 1).

**Tabela 1.** Fator erodibilidade do solo de alguns solos brasileiros.

Classe de solo	Classe textural	Fator K <sup>a</sup>	Fonte
Argissolo	Argilosa	0,008	Angulo et al. (1984)
Argissolo	Argilosa	0,012	Angulo et al. (1984)
Argissolo	Argilosa	0,036	Henklain e Freire (1983)
Argissolo	Argilosa	0,027	Resck (1981)
Argissolo	Franco-arenosa	0,032	Angulo et al. (1984)
Latossolo	Argilosa	0,021	Denardin e Wünsche (1981)
Latossolo	Argilosa	0,022	Henklain e Freire (1983)
Latossolo	Argilosa	0,013	Dedecek et al. (1986)
Latossolo	Argilo-franco-arenosa	0,044	Henklain e Freire (1983)
Nitossolo	Franco-arenosa	0,032	Cogo et al. (1978)
Nitossolo	Franco-argilosa	0,028	Leprun (1988) <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Fator erodibilidade do solo, expresso em t ha h/MJ ha mm; <sup>b</sup> Informação pessoal: Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Uma vez corrigidas as deficiências químicas relativas à reação ácida, à soma e à saturação de bases trocáveis e à disponibilidade de nutrientes, principalmente fósforo e potássio, esses solos tornam-se epieutróficos, constituindo-se em solos de elevado potencial para o desenvolvimento agrícola (CORREIA et al., 2004). Nesse contexto, destaque é creditado à singular rede de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal estruturada no Brasil, com objetivo de subsidiar correções relativas à fertilidade química dos solos e à nutrição das espécies cultivadas. No Brasil, a análise de solo é aplicada, como suporte à correção da fertilidade química do solo, desde o século 19. Entretanto, foi nos anos 1960 que essa rede de laboratórios assumiu importância como alicerce ao desenvolvimento da agricultura intensiva de grãos no País. Para a solidificação desse processo valioso de suporte à agricultura, o trigo pode ser apontado como uma das espécies de excepcional contribuição.

A partir da década de 1960, a melhoria da fertilidade química do solo, associada a condições favoráveis do mercado de grãos

e a incentivos proporcionados por política de crédito agrícola subsidiado, constituiu suporte à transformação de sistemas tradicionais de produção, como pecuária extensiva, florestas, campos naturais e, inclusive, à monocultura de trigo, em intensa produção de grãos, com predominância da sucessão de culturas trigo/soja (*Glycine max* (L.) Merrill.).

O novo sistema de produção adotado, conjugando apenas melhoria da fertilidade química do solo, terraceamento e semeadura em contorno como práticas conservacionistas, desencadeou, num primeiro momento, a sensação de um agronegócio ideal para a promoção de desenvolvimento regional e, num segundo momento, transformou-se na principal causa de degradação dos solos.

A falta de consciência conservacionista, o incipiente domínio do conhecimento relativo aos processos de erosão hídrica e a predominância de políticas agrícolas imediatistas e ofuscadoras da percepção diferencial, entre a preservação do potencial produtivo e a oportunidade de negócio rentável, restringiram o novo sistema de

produção a métodos inadequados de manejo de solo diante das condições edafoclimáticas regionais<sup>1</sup>, envolvendo queima de resíduos culturais, mobilização intensa de solo e uso de terras inaptas a culturas anuais, em que as práticas conservacionistas adotadas mostraram-se insuficientes para o controle eficaz da erosão. O uso excessivo de arações e/ou gradagens superficiais, e continuamente nas mesmas profundidades, provocaram desestruturação da camada arável, como efeito da redução da estabilidade de agregados, incremento do índice de argila dispersa em água, aumento da densidade do solo e redução acentuada da macroporosidade, da porosidade total e da taxa de infiltração de água no solo, culminando com intenso processo de erosão hídrica (Tabela 2).

O advento do sistema plantio direto adotado em larga escala e contextualizado no âmbito da agricultura conservacionista que, entendida como um complexo tecnológico objetivando preservar, me-

lhorar e otimizar os recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade, devidamente compatibilizada com o uso de insumos externos, refletiu relevante amenização dos problemas afetos ao manejo inadequado do solo, creditado ao preparo convencional (DENARDIN; KOCHHANN, 2001).

### Origem do sistema plantio direto

A exploração de sistemas agrícolas produtivos sem preparo de solo é tão antiga quanto a agricultura, tendo sido praticada, pelo menos, até cerca de 4.000 anos a.C., época em que surgiu o arado, inventado pelos egípcios. Há evidências de que essa prática também era empregada por civilizações nativas da América Latina. Sementes de milho (*Zea mays* L.), por exemplo, eram semeadas em covas abertas com varas pontiagudas de madeira e as plantas daninhas manejadas manualmente (MUZILLI, 1999).

**Tabela 2.** Perdas de solo por erosão, em distintos solos do Brasil e diferentes modelos de produção, sob preparo convencional com restos culturais queimados (CPQ), preparo convencional com restos culturais incorporados (CPI), preparo reduzido (PR) e sistema plantio direto (SPD).

UF <sup>a</sup>	Classe de solo	Modelo de produção	Anos de avaliação	Declive %	CPQ	CPI	PR	SPD
					mg/ha/ano			
RS <sup>b</sup>	Nitossolo	Trigo <sup>g</sup> /Soja <sup>h</sup>	11	12,0	-	34,0	11,3	8,8
RS <sup>b</sup>	Argissolo	Trigo/Soja	9	7,5	-	13,1	3,2	0,5
RS <sup>c</sup>	Latossolo	Trigo/Soja	6	9,0	10,9	3,6	-	1,5
PR <sup>d</sup>	Nitossolo	Trigo/Soja	4	4,0	-	5,3	-	1,0
PR <sup>d</sup>	Latossolo	Trigo/Soja	4	4,0	-	3,2	-	1,1
PR <sup>d</sup>	Nitossolo	Trigo/Soja	4	4,0	-	6,0	-	0,2
SP <sup>e</sup>	Argissolo	Trigo/Soja	4	9,9	51,5	39,5	-	2,2
DF <sup>f</sup>	Latossolo	Pousio/Soja	6	5,5	9,0	6,0	-	5,0

<sup>a</sup> Unidade da Federação: RS = Rio Grande do Sul; PR = Paraná; SP = São Paulo; DF = Distrito Federal; <sup>b</sup> Cogo et al. (1978); <sup>c</sup> Perdas... (1984);

<sup>d</sup> Derpsch (1984); <sup>e</sup> Castro et al. (1983); <sup>f</sup> Dedecek et al. (1986); <sup>g</sup> *Triticum aestivum*; <sup>h</sup> *Glycine max*.

<sup>1</sup> O potencial erosivo das chuvas no Brasil, expresso pelo Fator Erosividade, da Equação Universal de Perdas de Solo, oscila entre 5.200 a 12.600 MJ mm/ha h (COGO et al., 1978; DEDECEK, 1986; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985; RUFINO, 1986).

Na atualidade, em muitas regiões da América do Sul, da América Central e do México, camponeses tradicionais ainda utilizam equipamentos rudimentares, do tipo “saraquá”, descrito por Dallmeyer (2001) como haste pontiaguda de madeira ou com ponteira de ferro de forma laminar, e enxadas e facões como ferramentas exclusivas para preparar o terreno para a semeadura. O conjunto de processos que compõem essa técnica resume-se ao corte ou à capina da vegetação espontânea e à abertura de covas para a deposição de sementes (MUZILLI, 1999). Portanto, o ato de semear sem preparo de solo surgiu com a própria agricultura, evoluindo, contudo, para o emprego de arados e de grades, de tração humana, animal e mecânica, e intenso revolvimento da camada superficial do solo (DERPSCH, 1998).

As primeiras referências relativas à possibilidade de manejo motomecanizado de sistemas agrícolas produtivos, sem preparo de solo, foram descritas por Edward H. Faulkner em 1943, no livro *Plowman's Folly* (A tolice do lavrador), que enfatizava não haver razão científica para arar o solo (BAKER et al., 1996). Foi, contudo, na segunda metade da década de 1940, na Estação Experimental de Rothamsted, Inglaterra, que o preparo de solo passou a ser considerado dispensável, desde que não houvesse competição por plantas daninhas (KORONKA, 1973). Para a identificação desse processo surgiram as expressões *zero-tillage*, *no-tillage*, *no-till*, *direct-seeding*, *direct drilling*, *sod-planting*, *sod-seeding*, *chemical-ploughing*, *direct-planting*, *residue farming* (BAKER et al., 1996) e *plowless farming* (LITTLE, 1987) que, no Brasil, foram traduzidas para “semeadura direta” ou “plantio direto” e, na atualidade, para “sistema plantio direto”.

O plantio direto, entretanto, só se tornou viável em áreas extensivas de lavoura a partir do desenvolvimento da tecnologia de controle químico de plantas daninhas (DERPSCH, 1998). O pioneirismo nessa linha tecnológica é creditado à Imperial Chemical Industries - ICI, da Inglaterra, por ter lançado no mercado, em 1961, a molécula denominada *paraquat*, herbicida de contato e de ação total. O desenvolvimento dessa molécula é considerado como o evento de maior relevância para a propulsão do plantio direto, em larga escala (WILES; GUEDES, 1975a).

O trigo foi uma das principais espécies que subsidiou a viabilização do plantio direto em larga escala, em muitos países. A primeira lavoura comercial motomecanizada sob plantio direto, de que se tem notícia, foi implementada por Harry Young e Lawrence Young, em Herndon, Kentucky, EUA. Essa lavoura resultou de uma ação articulada com a indústria de máquinas agrícolas Allis Chalmers, a qual, em 1966, lançou a primeira semeadora para plantio direto com disco ondulado frontal, para corte da palha (PHILLIPS; YOUNG, 1973). Em 1967, esses agricultores viabilizaram a sucessão de culturas de trigo/soja, em um mesmo ano agrícola, em decorrência do ganho de tempo na semeadura da soja, efetuada em sequência imediata à colheita de trigo proporcionada pelo plantio direto (DERPSCH, 2007). Nas pradarias do Canadá, o desenvolvimento do plantio direto foi alicerçado na triticultura, reduzindo a erosão eólica, melhorando a conservação da água no solo e elevando o rendimento de grãos. Na Austrália, em 1970, o trigo também foi a cultura pioneira em cultivo sob plantio direto, conduzido em áreas pastejadas, com ganho de tempo relevante para permitir sucesso à sequência pastagem/trigo (WILES; GUEDES, 1975a).

No Brasil, as primeiras citações sobre a necessidade de implementação de uma agricultura baseada em sistemas conservacionistas datam de 1961 e foram realizadas por Vieira e Frazier (1961). Os autores descreviam o sistema denominado de cultivo mínimo que, na época, estava sendo desenvolvido em diversos países e, portanto, também poderia contribuir para o estabelecimento da agricultura conservacionista no País.

Entretanto, as motivações que impulsionaram a introdução, a adaptação, o desenvolvimento e a implementação do plantio direto em, praticamente, todo o mundo foram, indistintamente (WILES; GUEDES, 1975a): controle de erosão hídrica e eólica; maior aproveitamento do uso da terra; economia de tempo, de mão-de-obra, de combustível, de corretivos e de fertilizantes; menor desgaste, manutenção e diversidade de equipamentos agrícolas; e menor impacto negativo sobre o ambiente. O manejo de plantas daninhas, um dos problemas de maior complexidade e de maior custo operacional do sistema, constituiu um complexo de processos tecnológicos de consideráveis e contínuos aprimoramentos, tanto na diversidade de herbicidas ofertados como na evolução de equipamentos e aprimoramento da tecnologia de aplicação. O vencimento da patente de considerável número de herbicidas essenciais para o êxito do manejo integrado de plantas daninhas, e a consequente fluência de produtos genéricos, acirrou a concorrência no mercado deste insumo, resultando em expressiva queda no custo de produção de lavouras manejadas sob plantio direto. Nesse contexto, destaque é referido aos herbicidas genéricos de princípio ativo glifosato. O preço por litro de glifosato, por exemplo, decresceu de R\$ 85,34, no ano de 1986, para R\$ 51,00, em 1989, R\$ 15,43, em 2000, R\$ 9,43, em 2002

(ASSOCIAÇÃO..., 2004), e para cerca de R\$ 8,00, na atualidade. A introdução da soja transgênica, Soja Roundup Ready®, a partir do início dos anos 2000, facilitou em muito o manejo de plantas daninhas, em razão da elevada seletividade e flexibilidade temporal para a aplicação do princípio ativo glifosato. Essa inovação tecnológica pode ser, também, considerada como importante fator impulsionador da adoção do plantio direto. A Soja Roundup Ready® e a queda do preço de herbicidas, associadas à economia de mão de obra, de hora máquina, de combustível, de calcário e de fertilizante (Tabela 3), contribuíram expressivamente para a redução do custo de produção da lavoura sob plantio direto, tornando-se fatores de relevante contribuição motivacional à adoção (DENARDIN et al., 2008a). Entretanto, o aumento de rendimento das espécies cultivadas, conjugado ao menor custo de produção, pode ser apontado como fator decisivo.

**Tabela 3.** Redução da demanda de alguns parâmetros econômicos, resultante da adoção do sistema plantio direto no Brasil.

Parâmetro econômico	Redução da demanda	
Óleo diesel	59,30	litros/ha/ano
Mão de obra	4,77	horas/ha/ano
Hora máquina	5,23	horas/ha/ano
Perda de solo por erosão	14,00	t/ha/ano
Perda de fósforo por erosão	10,00	kg/ha/ano
Perda de potássio por erosão	13,00	kg/ha/ano

Fonte: Adaptada de Denardin (1998).

### Introdução do sistema plantio direto no Brasil

O ano 1969 é apontado como marco histórico da introdução do plantio direto no Brasil. Nesse ano, os professores Newton Martins e Luiz Fernando Coelho de Souza,

da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, semearam, experimentalmente, no Posto Agropecuário do Ministério da Agricultura em Não-Me-Toque, Rio Grande do Sul, um hectare de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), sem preparo prévio de solo, mantendo os resíduos da cultura antecedente na superfície do solo. A semeadura foi realizada com uma semeadora específica para plantio direto, marca Buffalo, importada dos EUA pela UFRGS, através do Convênio MEC/USAID. Essa é considerada a primeira operação de plantio direto, em escala de lavoura motomecanizada, que se tem registro no Brasil. Lamentavelmente, a experiência não teve continuidade, pois a semeadora, logo a seguir, foi acidentalmente destruída em um incêndio (BORGES, 1993).

A partir desse fato, o processo de introdução do plantio direto no Brasil voltou a ter registros em 1971, com o estabelecimento de ensaios com a sucessão de culturas trigo/soja, no Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuária Meridional/Ministério da Agricultura - IPEAME/Ma, nas estações experimentais de Londrina e de Ponta Grossa, Paraná (WILES; GUEDES, 1975b; REUNIÃO..., 1977), bem como na Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa da FECOTRIGO - FUNDACEP (atual CCGL TEC), em Cruz Alta, Rio Grande do Sul (WILES; GUEDES, 1975b; BORGES, 1993). Há, também, registro de que, em 1972, ensaios similares foram implementados na Estação Experimental de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, atualmente Embrapa Trigo (WILES; GUEDES, 1975b; REUNIÃO..., 1977).

Esses primeiros estudos objetivaram comparar o comportamento da sucessão de culturas trigo/soja, conduzidas sob plantio direto e sob preparo convencional, quanto ao rendimento de grãos, ao manejo de plantas daninhas, ao efeito residual da calagem

e da fertilização do solo com fósforo e potássio e à influência em parâmetros físicos de solo (REUNIÃO..., 1977). Somente a partir de 1975 é que o plantio direto passou a ser incorporado, de modo sistemático, nos programas de pesquisa de outras instituições de investigação agrícola do país.

A Companhia Imperial de Indústrias Químicas do Brasil, ICI do Brasil, ocupou lugar de destaque no processo de viabilização do plantio direto no País. A partir de 1972, além da implementação de intenso processo de difusão dessa técnica junto a produtores rurais, mediante ações de desenvolvimento de mercado para os herbicidas que detinha, incentivou e apoiou inúmeras entidades de pesquisa a efetuarem investigações técnico-científicas orientadas à avaliação de sistemas de manejo de solo e de níveis de fertilizantes sobre o rendimento de grãos das culturas trigo e soja, ao desenvolvimento de equipamentos para semeadura e aplicação de herbicidas e ao manejo de plantas daninhas (WILES; GUEDES, 1975a, 1975b; BORGES, 1993).

Essas constatações demonstram que o processo de introdução do plantio direto no Brasil ocorreu, praticamente, de forma simultânea na pesquisa e em escala de lavoura. Como é próprio de processos de pesquisa demandarem determinado tempo para geração de conhecimentos, e para transformarem conhecimentos em tecnologia pronta para uso, a adequação do plantio direto aos agroecossistemas do Brasil não fugiu à regra. Houve nítida defasagem de tempo entre as demandas tecnológicas emanadas dos produtores rurais, pioneiros na adoção do plantio direto no País, e as soluções tecnológicas geradas pela pesquisa e transferidas à assistência técnica (DENARDIN; KOCHHANN, 2001; DENARDIN et al., 2001).

Os motivos que induziram à adoção do plantio direto no Brasil foram similares aos de outros países, porém a percepção mais imediata e impactante, indiscutivelmente, foi a eficiência no controle da erosão hídrica (Tabela 2) pois, embora os rendimentos de grãos de trigo e soja fossem semelhantes ou superiores no plantio direto, em relação ao preparo convencional (tabelas 4 e 5), os custos operativo e fixo diferenciais entre preparo convencional e plantio direto, para a lavoura de soja, por exemplo (Tabela 6), eram desfavoráveis ao plantio direto, principalmente em razão do insumo herbicida (RAMOS; WILES, 1975; REUNIÃO..., 1977). Contudo, em decorrência da relevante contribuição do plantio direto para a conservação do solo, essa tecnologia passou a ser adotada e entendida, simplesmente, como um método alternativo de preparo de solo com potencial para

**Tabela 4.** Efeito de sistemas de manejo de solo sobre o rendimento da cultura de trigo, em Londrina e Ponta Grossa, PR, nas safras agrícolas de 1971 e 1973.

Manejo de solo	Londrina		Ponta Grossa	
	1971	1973	1971	1973
	----- kg/ha -----			
Preparo convencional	1.213	1.888	1.580	2.825
Preparo mínimo	1.340	2.045	1.640	2.963
Plantio direto	1.400	1.867	1.760	2.825

Fonte: Adaptada de Reunião... (1977).

**Tabela 5.** Efeito de sistemas de manejo de solo sobre o rendimento da cultura de soja, em Londrina e Ponta Grossa, PR, nas safras agrícolas de 1971/72 e 1973/74.

Manejo de solo	Londrina		Ponta Grossa		
	1971	1972	1971	1972	1973
	----- kg/ha -----				
Preparo convencional	3.346	2.538	2.482	2.626	2.270
Preparo mínimo	3.410	-	2.835	2.824	2.707
Plantio direto	3.225	2.769	2.704	2.683	2.617

Fonte: Adaptada de Reunião... (1977).

minimizar a intensa erosão hídrica instalada nas lavouras anuais produtoras de grãos (DENARDIN et al., 2001).

A partir da década de 1980, porém, essa visão reducionista do plantio direto foi preterida em relação à abrangência sistêmica, passando a ser denominado de sistema plantio direto e interpretado como uma ferramenta da agricultura conservacionista, sob o conceito de um complexo de tecnologias que envolve, necessariamente, diversificação de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas mediante mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura, e manutenção dos resíduos vegetais da cultura anterior na superfície do solo. De outra forma, o sistema

**Tabela 6.** Custos operativo e fixo diferenciais entre preparo convencional e plantio direto para a lavoura de soja na safra agrícola 1977/78.

Componente	Preparo convencional R\$/ha	Plantio direto R\$/ha
Custo operativo	324,20	709,30
Herbicidas	135,00	661,00
Combustível + lubrificantes	138,60	37,80
Mão de obra	50,60	10,50
Custo fixo	230,60	157,80
Depreciação de máquinas	169,82	123,40
Manutenção de máquinas	60,78	34,40
TOTAL	554,80	867,10

Fonte: Adaptada de Reunião... (1977).

plântio direto passou a ser entendido como um complexo tecnológico, capaz de viabilizar o ato de semear, sem prévio preparo de solo, de modo contínuo ao longo do tempo.

Sob esse novo enfoque, a substituição da sucessão de culturas trigo/soja ou pousio invernal/soja por modelos de rotação de culturas, manejados sob sistema plântio direto, tornou-se foco de inúmeros estudos, contemplando efeitos sobre produção de biomassa, sobre controle de doenças, de insetos-praga e de plantas daninhas e sobre propriedades químicas e físicas do solo. Os reflexos desses estudos podem ser avaliados por inúmeros trabalhos que tiveram, como resultado primordial e notório, o controle de doenças na cultura de trigo (tabelas 7 e 8) e soja (Tabela 9).

Nas regiões temperada e subtropical do País, entre as inúmeras espécies precocizadas para estruturar modelos de pro-

dução sob rotação de culturas, em substituição à sucessão de culturas trigo/soja ou pousio invernal/soja, a aveia preta (*Avena strigosa*) despontou como espécie potencial para pastagem anual de inverno, destinada à terminação de bovinos de corte e, mais tarde, à alimentação de vacas leiteiras. Para a safra de verão, despontou a cultura de milho para compor rotação com a cultura de soja (DENARDIN et al., 2001).

Na região tropical do Brasil, o modelo de produção trigo/soja ou pousio invernal/soja passou a ser substituído pela sucessão soja/milheto (*Pennisetum glaucum*). A cultura do milheto, por suas características de rusticidade e de elevada produção de fitomassa tanto da parte aérea como de raízes, viabilizou a adoção e a expansão do sistema plântio direto nessa região. Essa espécie, destinada à cobertura de solo, em razão do regime pluvial da região, carac-

**Tabela 7.** Efeito de modelos de rotação de culturas na intensidade de doenças radiculares e no rendimento de grãos de trigo, em Passo Fundo, RS, nas safras agrícolas 1981 e 1982.

Modelo de produção	Intensidade de doenças radiculares (%)	Rendimento de grãos (kg/ha)
Soja/Trigo	90	830
Soja/Serradela; Milho/Cevada; Soja/Colza; Soja/Trigo	13	2.920
Soja/Ervilhaca/Milho/Aveia branca/Soja/Trigo	20	2.690
Soja/Serradela/Milho/Linho/Soja/Colza/Soja/Trigo	15	2.930

Fonte: Reis et al. (1983).

**Tabela 8.** Efeito de modelos de rotação de culturas na severidade de mancha amarela (*Drechslera tritici-repentis*) na cultura de trigo, em Passo Fundo, RS, na safra agrícola 1989.

Modelo de produção	Severidade da mancha amarela (%)
Trigo/Soja	26
Ervilhaca/Milho; Trigo/Soja	21
Ervilhaca/Milho; Aveia Branca/Soja; Aveia Branca/Soja; Trigo/Soja	18

Fonte: Santos et al. (1990).

**Tabela 9.** Efeito de modelos de rotação de culturas na incidência de podridão parda da haste de soja (*Cadophora gregata*), na cultura da soja, em Passo Fundo, RS.

Modelo de produção	Incidência podridão parda da haste de soja (%)
Milho/Soja/Soja	95
Soja	88
Girassol/Soja	55
Milho/Soja	39
Soja/Milho/Soja	38

Fonte: Costamilan e Lhamby (1994).



terizado por deficiência hídrica no inverno, era semeada duas vezes na entressafra de soja (abril e setembro), representando relevante rubrica do custo de produção a ser ressarcida apenas pela cultura de soja (HERNANI et al., 1995; PLATAFORMA..., 2003). A partir do início dos anos 2000, cultivares de *Brachiaria* sp, implantadas em sobresemeadura à cultura de soja ou em semeadura simultânea à cultura de milho safrinha, passaram a substituir o milheto. A vantagem substitutiva dessa tecnologia está reservada à característica da braquiária de sobreviver ao período sem chuvas, de maio a setembro, e rebrotar no início da temporada das águas, dispensando nova semeadura, como requerida pela cultura do milheto e, fundamentalmente, suprimindo o período de entressafra (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

Essa intensificação da rotação e/ou consorciação de culturas foi incorporada à base conceitual do sistema plantio direto, sob a denominação de “processo colher-semeiar”, o qual corresponde à redução ou supressão das entressafras. Sob essa amplitude conceitual, a adoção do sistema plantio direto objetiva expressar o potencial genético das espécies cultivadas, mediante a maximização do fator ambiente e do fator solo, sem, contudo, degradá-los (DENARDIN et al., 2007).

Na atualidade, a consolidação do sistema plantio direto está, essencialmente, alicerçada na rotação e/ou consorciação de culturas, orientadas ao incremento da rentabilidade do sistema agrícola produtivo, à geração de benefícios fitossanitários, às espécies cultivadas, à promoção de cobertura permanente de solo e ao aporte de fitomassa ao solo não inferior a 8 t/ha (COSTA et al., 2008), para permitir construção e manutenção da fertilidade integral de solo (DENARDIN et al., 2007). Dessa

forma, a integração da rotação de culturas ao abandono da mobilização de solo, e à manutenção permanente da cobertura de solo, assegura a evolução paulatina da melhoria física, química e biológica do solo. Nesse contexto, a implementação do sistema plantio direto requer ações integradas, como: sistematização da lavoura, manejo da fertilidade integral do solo, correção da acidez do solo, descompactação do solo, planejamento do sistema de rotação e/ou consorciação de culturas, manejo de restos culturais e de culturas de cobertura de solo e práticas mecânicas para manejo de enxurrada.

### **Requisitos para a implementação do sistema plantio direto**

#### **Sistematização da lavoura**

Lavouras nas quais se pretende implementar o sistema plantio direto normalmente apresentam sulcos ou depressões no terreno decorrentes de processos erosivos naturais ou acelerados, originados dos métodos de manejo anteriormente praticados. Essas irregularidades do terreno apresentam inconvenientes, como concentrar enxurrada e provocar transtornos ao livre tráfego de máquinas e equipamentos na lavoura, além de constituir manchas de solo de menor fertilidade, em relação ao restante da área, cujas consequências são:

- na ocorrência de chuvas intensas, que superam a capacidade de infiltração de água no solo, forma-se enxurrada, a qual, quando concentrada em determinados pontos do terreno, tem maior capacidade de transporte, elevando os riscos de perdas de solo, material orgânico, nutrientes e outros agroquímicos, contribuindo para perdas econômicas e poluição ambiental;

- a obstrução do livre tráfego de máquinas e de equipamentos na lavoura, provocada por irregularidades do terreno, afeta, sobremaneira, a qualidade e o rendimento operacional das atividades de pulverização, semeadura e colheita; e
- manchas de solo de menor fertilidade são tratadas de forma similar à lavoura como um todo, recebendo quantidades proporcionais de insumos e de horas máquina em relação ao restante da área, porém não proporcionando mesma produtividade, constituindo pontos de contribuição para elevação do custo de produção, com aumento de riscos de danos mecânicos às máquinas e aos equipamentos agrícolas e redução do rendimento e da lucratividade.

A eliminação desses obstáculos pode ser viabilizada de inúmeras formas. O emprego de moto niveladora ou plaina tração é altamente eficiente, porém escarificações e/ou arações, seguidas por gradagens, são práticas que podem solucionar grande parte das situações. No caso de campos naturais, há equipamentos específicos para sistematizar a superfície do terreno, principalmente objetivando a eliminação de cupinzeiros.

A sistematização da lavoura objetiva evitar a necessidade de mobilização de solo após a implementação do sistema plantio direto.

### Manejo da fertilidade integral do solo

Sistema agrícola produtivo é conceituado como a interação dos fatores ambiente, planta e solo, em que o fator clima participa com o potencial energético, o fator planta com o potencial genético, e o fator solo com o potencial fertilidade (Figura 1). Assim, a produtividade agrícola, isto é, a quantidade de produto gerada por unidade de área, é o resultado integrado do sistema agrícola produtivo, de modo que não tem sentido referir-se de forma isolada à produtividade do clima, à produtividade da planta ou à produtividade do solo, visto que não há geração de produto, na ausência de qualquer um desses fatores ou sem a interação deles. A interação desses fatores determina que a produtividade do sistema agrícola não pode ser maior do que aquela potencializada pelo fator mais limitante, sendo essa afirmativa denominada “lei dos fatores limitantes”. Exemplificando: nenhuma interferência no fator clima ou no fator planta,

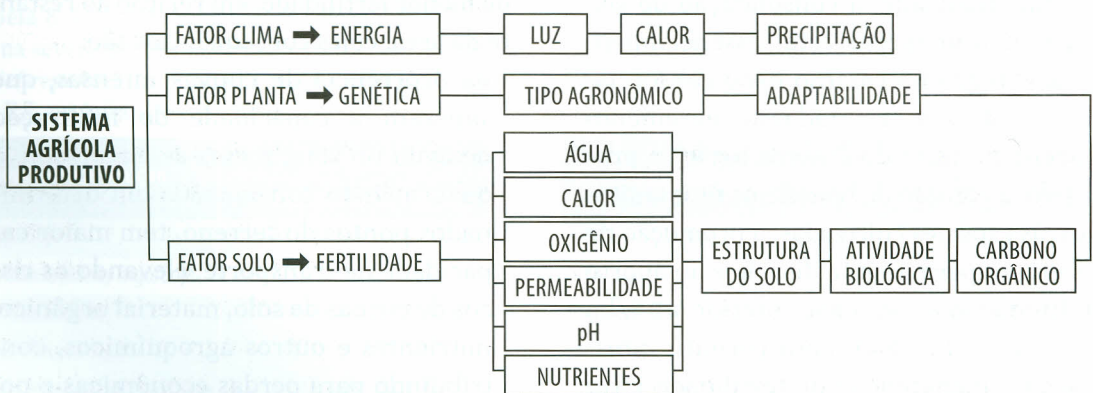


Figura 1. Estrutura conceitual de sistema agrícola produtivo.

com vistas a aumentar a produtividade do sistema agrícola produtivo, surtirá efeito, se o fator solo encontrar-se no limite de sua potencialidade. Desse modo, é possível deduzir que o manejo de um sistema agrícola produtivo nada mais é do que a exploração das potencialidades dos fatores de produção que o compõem.

Modelo de produção compreende o arranjo temporal e espacial de espécies vegetais e/ou animais, que compõem os sistemas agrícolas produtivos.

Com base no conceito de sistema agrícola produtivo, a fertilidade do solo assume abrangência maior do que a habitual, que é expressa apenas pelos parâmetros acidez, disponibilidade de nutrientes e nível de matéria orgânica. Os parâmetros físicos, armazenamento e disponibilidade de água, armazenamento e difusão de calor e permeabilidade do solo ao ar e à água e resistência do solo à penetração de raízes constituem elementos indissociáveis da fertilidade do solo.

Esse conjunto de parâmetros físicos é regido, basicamente, pela estrutura do solo, que é conceituada como o arranjo espacial das partículas que o compõem. O termo partículas, nesse conceito, refere-se tanto às partículas primárias de solo (areia, silte e argila) como às partículas secundárias, isto é, agregados (unidades estruturais resultantes da aglutinação de partículas primárias). Os espaços vazios deixados entre partículas primárias do solo, na formação de agregados ou entre agregados, na formação do solo, são denominados de poros ou porosidade do solo. As forças necessárias para manter unidas as partículas primárias do solo, na formação de microagregados, que correspondem às unidades estruturais menores do que 2 mm de diâmetro, são oriundas, basicamente, de car-

gas eletrostáticas das argilas, de sesquióxidos de ferro e de alumínio e, entre outras, da matéria orgânica estável do solo. Porém, as forças para construir e estabilizar os macroagregados, que correspondem às unidades estruturais maiores do que 2 mm de diâmetro, são oriundas, fundamentalmente, do processo de mineralização do material orgânico aportado ao solo, e da ação mecânica de mucilagens, exsudatos e da rede de hifas, fungos e raízes das plantas. Associando o que foi exposto às relações explícitas na Figura 1 entre os fatores planta e solo, é perceptível que a estrutura do solo e, por consequência, a fertilidade do solo, são dependentes da atividade biológica e da quantidade, qualidade e frequência do material orgânico aportado ao solo pelo modelo de produção. Esse postulado constitui subsídio ao planejamento de modelos de produção, que pretende implementar caráter de sustentabilidade ao sistema agrícola produtivo.

As mobilizações da camada arável, proporcionadas pelos sucessivos preparos de solo, modificam sua estrutura e alteram a grandeza e a relação de seus parâmetros físicos. A ação de implementos agrícolas na mobilização do solo, principalmente aração e gradagem, fraciona e desarranja os agregados do solo e acelera a oxidação da matéria orgânica, tornando os agregados menores e menos estáveis. Esse processo de redução de diâmetro, de desestabilização e de desordem de agregados na camada arável promove, progressivamente, redução e descontinuidade da porosidade e elevação da densidade do solo, com reflexos negativos diretos na permeabilidade do solo ao ar e à água, e na resistência do solo à penetração de raízes. A superfície do solo torna-se vulnerável à formação de crostas, que resultam em redução da taxa de infiltração de água, em aumento da enxurrada, em au-

mento da erosão hídrica e em obstáculo à emergência de plântulas. A subsuperfície, em decorrência de processos físico-químicos, resulta na formação de uma camada compactada e de estrutura maciça, que passa a contribuir para a redução da quantidade de água disponível para as plantas e para a redução do fluxo de água no perfil, restringindo, inclusive, o desenvolvimento radicular das plantas. Consequentemente, o solo torna-se menos fértil e mais suscetível à erosão.

O sistema plantio direto, por não mobilizar o solo, não fraciona nem desarranja agregados no perfil de solo, e tampouco estimula a oxidação acelerada da matéria orgânica, contribuindo, diretamente, para sua agregação e melhoria da estrutura.

A substituição de arados por escarificadores ou por grades de discos, para incorporação de calcário no solo, tem provocado gradiente de pH, de alumínio trocável, de cálcio e de magnésio na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade, resultando em correção da acidez em apenas parte da camada arável. Enquanto as grades concentram calcário nos primeiros 10 cm de profundidade, os escarificadores não propiciam incorporação uniforme na camada arável. Esse gradiente químico na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade pode afetar a produtividade do sistema agrícola, uma vez que períodos de estiagem e/ou culturas sensíveis ao alumínio trocável, podem restringir o desenvolvimento radicular de plantas.

O sistema plantio direto, por não preconizar mobilizações de solo, não mais possibilita a incorporação uniforme de calcário na camada arável, acentuando o gradiente químico no perfil. Contudo, a concentração de matéria orgânica na superfície e a reativação biológica do solo atenuam os efeitos desse fenômeno.

Embora experiências tenham mostrado que é possível a implantação do sistema plantio direto em áreas com diferentes níveis de fertilidade, o condicionamento físico e químico do solo, antes do estabelecimento do sistema, antecipa a obtenção dos benefícios preconizados.

### **Correção da acidez do solo**

Há possibilidade de o sistema plantio direto ser estabelecido em solos sem as condições ideais de pH e sem adequado teor de nutrientes, conforme preconizado em Manual... (2004). Contudo, a calagem, mediante uniforme incorporação de calcário na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade, eliminando gradiente químico nessa camada, constitui requisito de relevância para sucesso do sistema, principalmente nos primeiros anos após a implementação. A partir da estabilização do sistema, promovida basicamente pelo sinergismo entre cobertura permanente de solo, aporte satisfatório de fitomassa ao solo e reativação biológica do solo, os efeitos do gradiente químico, acentuado pelo próprio sistema plantio direto, passam a ser amenizados. Assim, a correção da acidez do solo, em conformidade à indicação da análise, deve atingir, de forma homogênea, toda a camada de 0 cm a 20 cm de profundidade.

Com a evolução do sistema, ocorre reacidificação do solo, tendo, como consequência, diminuição de pH e aumento de alumínio trocável. Esses parâmetros devem ser monitorados a cada três anos, mediante análise de solo em amostras coletadas na camada de 0 cm a 10 cm, conforme a atual indicação (MANUAL..., 2004). Esse aspecto adquire importância, à medida que o sistema de produção contemple gramíneas no sistema de rotação, uma vez que essas espécies são exigentes em nitrogênio que, de-

pendendo da fonte de suprimento usada, aliada à mineralização dos restos culturais, constitui a principal causa da reacidificação do solo.

### **Recomendação de calagem**

Para lavouras em que o sistema plantio direto já foi iniciado, independentemente de ter ou não recebido calcário na superfície do solo, a necessidade de calagem deve ser determinada com base na análise de solo de amostras coletadas na camada de 0 cm a 10 cm de profundidade. A aplicação de calcário deve ser realizada quando o pH em água for inferior a 5,5 e/ou quando a saturação em bases for inferior a 60%. A dose recomendada deve ser equivalente a 1/2 SMP, determinada para pH em água igual a 5,5, e ser aplicada na superfície do solo sem incorporação, conforme recomendação específica para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (MANUAL..., 2004).

Para lavoura a ser formada diretamente a partir de campo natural, a necessidade de calagem deve ser determinada com base na análise de solo de amostras coletadas, na camada de 0 cm a 10 cm de profundidade. A aplicação de calcário deve ser realizada quando o pH em água for inferior a 5,5 e/ou quando a saturação por bases for inferior a 60%. A dose recomendada deve ser equivalente a 1/2 SMP, determinada para pH em água igual a 6,0, e ser aplicada na superfície do solo sem incorporação (MANUAL..., 2004).

Para aplicação de calcário finamente moído (filler) na linha de semeadura de soja ou de milho, indicam-se as doses de 200 kg a 400 kg/ha. Para lavouras a ser formadas diretamente a partir de campo natural, recomenda-se dose maior (MANUAL..., 2004).

## **Descompactação do solo**

### **Características de um solo compactado**

A degradação da estrutura do solo, normalmente, é expressa pela redução e/ou descontinuidade da porosidade. Tais alterações físicas no perfil de solo são consequência do emprego de técnicas inadequadas de manejo de solo e de culturas no sistema agrícola produtivo. Os métodos de preparo de solo que mobilizam intensamente a camada arável são os principais promotores dessas alterações físicas, uma vez que fracionam mecanicamente os macroagregados e debilitam sua estabilidade pela elevação da taxa de oxidação da matéria orgânica. Os processos de fracionamento e de desestabilização de macroagregados, associados à eluviação de argilas dispersas e ao intenso tráfego de máquinas agrícolas na lavoura, promovem aproximação das partículas do solo, resultando na eliminação e/ou descontinuidade de seus poros, consequentemente elevando a massa de sólidos por unidade de volume, ou seja, aumentando sua densidade.

A ocorrência desses processos na camada superficial do solo manifesta-se por meio de um fenômeno denominado encrostamento superficial, o qual reduz a taxa de infiltração de água no solo, aumenta a taxa de enxurrada, dificulta a livre emergência de plântulas e eleva os riscos de erosão. Na camada subsuperficial do solo, esses processos são detectados pela presença de uma camada de maior densidade, chamada de camada compactada. A camada compactada reduz a capacidade de armazenamento de água, a disponibilidade da água estocada para as plantas, a taxa de mobilização de água no perfil do solo e a taxa de troca gasosa do solo com a atmosfera, limitando o desenvolvimento radicular das plantas. Solo

que apresenta essas propriedades, além de ser altamente suscetível à erosão, mesmo em períodos curtos de estiagem promove sintomas de deficiência hídrica em plantas.

A cobertura vegetal permanente de solo, seja por culturas vivas, seja por restos culturais, associada à redução da intensidade de mobilização do solo, constituem as técnicas mais eficazes para solucionar e prevenir o fenômeno do encrostamento superficial do solo. Contudo, para solucionar o problema da camada compactada, são necessárias técnicas mais complexas.

### **Diagnóstico da camada compactada**

A camada compactada resultante do manejo agrícola inadequado, normalmente, situa-se na profundidade de 7 cm a 25 cm.

O método mais apropriado para detectar a presença da camada compactada é o exame morfológico de raízes de plantas, realizado, preferencialmente, no estágio de máximo desenvolvimento vegetativo da cultura. Na camada compactada, a densidade de raízes é reduzida e as raízes podem apresentar deformações, como tortuosidade não característica da planta, e perda da seção cilíndrica, assumindo forma achatada. Essa sintomatologia é resultante de esforços da planta para vencer as restrições impostas pelas condições físicas do solo.

O método mais difundido e mais simples para a detecção de camada compactada, não dependendo de época apropriada para aplicação, é o exame do perfil do solo em pequenas trincheiras. Em trincheiras com dimensões de 30 cm de lado por 50 cm de profundidade, abertas em vários pontos da lavoura, a camada compactada pode ser identificada por meio do aspecto morfológico da estrutura do solo e/ou pela resistência relativa que o solo oferece ao toque, com qualquer instrumento

pontiagudo. Os toques com o instrumento pontiagudo são efetuados a partir da superfície do solo até o limite inferior da trincheira, anotando-se as profundidades em que inicia e termina a maior resistência do solo ao toque. Para que a camada compactada seja identificada pela análise morfológica da estrutura do solo, é indispensável o conhecimento da estrutura natural do solo em observação, especialmente quanto ao tipo de estrutura e à forma das unidades estruturais desse solo. A estrutura natural do solo pode ser conhecida realizando-se esse mesmo procedimento em áreas adjacentes à lavoura, ainda sob vegetação natural e pertencentes à mesma unidade de solo.

O penetrômetro e o penetrógrafo são instrumentos que podem ser usados para identificação e localização da camada compactada, em um perfil de solo. Esses aparelhos são basicamente constituídos por uma haste metálica e um manômetro. O princípio de funcionamento desses aparelhos, para localização de camada compactada, baseia-se no registro da variação da força necessária para introdução da haste no solo. Na medida em que a haste vai sendo introduzida no solo, o manômetro vai indicando variações de força despendida, registrando-se a profundidade de início da camada compactada, na qual a demanda de força sofre grande incremento, e o fim desta, quando essa força cessa.

### **Operação de descompactação do solo**

A operação de descompactação tem por objetivo aumentar a porosidade do solo, reduzir a densidade do solo e elevar a estabilidade de agregados, mediante rompimento da camada compactada e do encrostamento superficial. Consequentemente, a descompactação facilita o de-

envolvimento radicular das plantas, eleva a taxa de infiltração e a capacidade de armazenamento de água, aumenta a permeabilidade do solo, facilitando o fluxo de água no perfil e as trocas gasosas com a atmosfera, reduzindo a enxurrada e riscos de erosão hídrica.

Qualquer implemento de discos ou de hastes, capaz de operar a profundidades maiores do que o limite inferior da camada compactada, pode descompactar o solo. Entretanto, implementos de hastes (escarificadores) são mais indicados pelo menor poder de desagregação do solo e pela menor superfície de contato do implemento com o solo, no limite da profundidade de operação. Escarificadores equipados com hastes inclinadas para frente, formando ângulo de 20° a 25° com a superfície do solo, e com ponteiros de largura estreita (máxima de 7 cm), são mais indicados pela maior facilidade de penetração no solo e por exigirem menos potência de tração.

O sucesso da operação de descompactação depende de fatores essenciais:

- **Umidade do solo.** A operação de descompactação do solo é eficaz quando realizada com o solo na faixa de umidade equivalente à da friabilidade. Em campo, essa faixa de umidade pode ser facilmente identificada. Coleta-se, a 10 cm de profundidade, um torrão de solo de, aproximadamente, 2 cm a 5 cm de diâmetro e exerce-se sobre ele leve pressão entre os dedos polegar e indicador. Se o torrão desagregar-se, sem oferecer grande resistência e sem moldar-se ao formato dos dedos, o solo encontra-se com umidade na faixa de friabilidade.
- **Profundidade de trabalho.** O implemento descompactador deve ser regulado para operar a, aproximadamente, 5 cm abaixo do limite inferior da camada compactada.

- **Espaçamento entre as hastes do escarificador.** Na operação de descompactação do solo, é indispensável a interação entre as hastes do escarificador. Cada haste possui uma capacidade limitada de ruptura do solo. Portanto, o espaçamento entre uma haste e outra determina a eficiência de descompactação do solo pelo implemento. De modo geral, essa interação é obtida quando o espaçamento entre hastes for igual a 1,25 vez a profundidade de operação. Essa relação é válida para condições de solo com umidade na faixa de friabilidade e para hastes com ponteiros de, aproximadamente, 7 cm de largura. Para ponteiros mais largas, ou equipadas com asas laterais, a relação é maior, podendo ser 1,5, 2,0 ou até mesmo 2,5 vezes a profundidade de operação. Entretanto, a largura da ponteira está diretamente relacionada com a intensidade de mobilização do solo e com o tamanho de torrões gerados durante a operação de descompactação; quanto mais larga, maior será a intensidade de mobilização e de entorramento do solo.
- **Adição de material orgânico ao solo descompactado.** A ruptura da camada compactada pelo implemento agrícola, por si só, não garante os efeitos benéficos esperados dessa técnica. Em sequência imediata à operação mecânica de descompactação, é indispensável estabelecer uma cultura densa, com abundante sistema radicular e elevada produção de fitomassa. Entre as culturas com essas características, destacam-se as gramíneas aveia preta (*Avena strigosa*), aveia branca (*Avena sativa*) e centeio (*Secale cereale*), no outono-inverno, e milheto (*Pennisetum americanum*), na primavera-verão. O abundante sistema radicular dessas culturas tem por função preencher a macroporosidade gerada

pela operação de descompactação e, conseqüentemente, promover a reagregação do solo e a estabilização dos agregados, assegurando a redução da densidade do solo e prevenindo contra o processo de recompactação.

### **Planejamento do sistema de rotação e/ou consorciação de culturas**

O sistema plantio direto tem, por objetivos, a geração de produtos e, conseqüentemente, de renda. A sustentabilidade de um sistema agrícola produtivo não está embasada, exclusivamente, no aspecto ecológico e nem preocupada apenas com a degradação e com a erosão do solo, mas comprometida com aspectos econômicos e sociais implicados. A rotação de culturas, em virtude dos benefícios econômicos e conservacionistas, constitui requisito fundamental para viabilização do sistema plantio direto como negócio agrícola sustentável. Portanto, o tipo e a frequência das espécies contempladas no planejamento do modelo de rotação de culturas devem atender tanto aos aspectos técnicos, que objetivam a conservação do solo e a preservação ambiental, como aos aspectos econômicos e comerciais, compatíveis com os sistemas de produção regionalmente praticados.

O planejamento da sequência de espécies em uma rotação de culturas deve considerar, além do potencial de rentabilidade do sistema, o histórico e o estado atual da lavoura, atentando para aspectos de fertilidade integral do solo, de exigência nutricional e de suscetibilidade a fitopatógenos de cada cultura, de infestação de insetos-praga, de doenças e de plantas daninhas e de disponibilidade de equipamentos para manejo de culturas e de restos culturais. A alternância de culturas de diferentes famílias ou de

espécies com diferenciado grau de suscetibilidade a insetos-praga e a doenças, e com variado comportamento ante a problemas relacionados com o controle de plantas daninhas, são aspectos desejados no planejamento da rotação, por potencializarem a redução de uso de insumos e, conseqüentemente, a sustentabilidade do sistema.

No Brasil, a diversidade de espécies passíveis de integrar modelos de rotação de culturas com trigo é ampla, sendo o planejamento dependente das características regionais. O arranjo de espécies, no tempo e no espaço, além de permitir a obtenção dos benefícios técnicos preconizados, aliado à diversidade de cultivares e sua possível integração com a pecuária, deve permitir escalonamentos de épocas de semeadura, de épocas de colheita e de épocas de desfrute, permitindo maximização das oportunidades de comercialização dos produtos.

Na implantação do sistema plantio direto, em sequência às práticas de sistematização do terreno e de descompactação e de correção da acidez do solo, é indispensável o cultivo de espécies com a propriedade de produzir elevada quantidade de fitomassa. Para continuidade eficiente do sistema, é igualmente indispensável que o sistema de rotação de culturas promova, na superfície do solo, a manutenção permanente de uma quantidade mínima de matéria seca, em torno de 8 t a 12 t/ha/ano (COSTA et al., 2008).

Exemplificando para as condições regionais do sul do Brasil, as aveias, especialmente a aveia preta, em virtude do abundante sistema radicular e da elevada produção de matéria seca da parte aérea, é a espécie que melhor preenche os requisitos para iniciar o sistema. As culturas de milho e de aveias, integradas de forma planejada no modelo de rotação de culturas,



em razão do elevado potencial de produção de fitomassa e da elevada relação C/N, principalmente do milho, são garantias de manutenção de cobertura de solo, na quantidade mínima preconizada.

O modelo de rotação de culturas comumente empregado pelos produtores que praticam sistema plantio direto no sul do Brasil, em função da economicidade, da praticidade do manejo dos restos culturais, da compatibilidade entre espécies e dos efeitos que exerce sobre o manejo de plantas daninhas, de insetos-praga e de doenças, inclui, basicamente, as seguintes culturas: trigo, cevada, triticale (x *Triticosecale* Wittmack), aveia preta, aveia branca, centeio, nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), incluindo uma leguminosa, normalmente ervilhaca, no período de outono-inverno, e soja e milho, no período de primavera-verão. No tempo, a sequência dessas culturas normalmente obedece ao seguinte esquema: aveia preta/soja (no primeiro ano), trigo/soja (no segundo ano) e nabo forrageiro ou ervilhaca/milho (no terceiro ano), formando um sistema de rotação que completa um ciclo a cada três anos. Contudo, para maximização econômica desse modelo de rotação, é conveniente que o estabelecimento rural seja dividido em pelo menos três glebas, de modo que, no outono-inverno, cada gleba receba uma espécie (trigo, aveia e nabo forrageiro ou leguminosa) e, na primavera-verão, as glebas que receberam trigo e aveia sejam cultivadas com soja, e a gleba que recebeu o nabo forrageiro ou a leguminosa seja cultivada com milho. Desse modo, no outono-inverno, um terço da propriedade recebe trigo, um terço recebe aveia e o outro terço recebe nabo forrageiro ou leguminosa. Similarmente, na primavera-verão, dois terços da propriedade, provenientes das culturas de trigo e de

aveia, recebem soja, e o terço restante, proveniente do nabo forrageiro ou da leguminosa, recebe milho.

A aveia, que no primeiro ciclo da rotação é uma cultura essencialmente de cobertura de solo, representada pela aveia preta, a partir do segundo ciclo da rotação pode ser ou não substituída pela aveia branca, com utilização para pastejo ou produção de grãos. O nabo forrageiro ou a leguminosa, antecedendo milho, participa como adubação verde, podendo disponibilizar para o milho, no caso de ervilhaca, cerca de 80 kg a 100 kg/ha de nitrogênio.

### Manejo de restos culturais e de culturas de cobertura de solo

O sistema plantio direto pode ser implementado em variadas situações de manejo de lavoura, dependendo do modelo de rotação de culturas estabelecido e do manejo das culturas. As situações mais comumente observadas são: semeadura sobre culturas submetidas à colheita de grãos; semeadura sobre culturas pastejadas; e semeadura sobre culturas destinadas à cobertura de solo ou à adubação verde.

### Culturas destinadas à produção de grãos

A preocupação com o manejo de restos culturais tem início no momento da colheita. O picador ou espalhador de palha da colhedora é o equipamento que determina a maior ou menor facilidade para as operações agrícolas subsequentes. A regulagem, tanto para trituração como para distribuição dos resíduos na superfície do solo, é função direta do tipo de cultura que está sendo colhida, da espécie que se pretende implantar em sequência e do tipo de equipamento disponível para realização da semeadura.

As regulagens associadas aos picadores de palha são extremamente simples e

abrangem afiação das facas do rotor e do pente de espera, o grau de transpasse das facas do rotor com as do pente de espera e o ajuste do defletor e das aletas. Enquanto o poder de corte da lâmina do rotor e do pente de espera, associado ao grau de transpasse entre os pentes, determina maior ou menor intensidade de trituração de restos culturais, o posicionamento do defletor e das aletas determina maior ou menor uniformidade de distribuição da palha na superfície do solo. As regulagens do defletor e das aletas devem atentar para que a palha triturada seja distribuída na superfície do solo, em faixa equivalente à da largura da barra de corte da colhedora.

### **Culturas destinadas ao pastejo**

No sistema plantio direto, a integração da agricultura com a pecuária é perfeitamente viável, mediante utilização de áreas de lavoura com culturas específicas para pastejo. Nessas circunstâncias, cuidados especiais devem ser tomados quanto ao manejo de piquetes e de animais, buscando-se evitar compactação do solo e a retirada excessiva da fitomassa.

A cultura selecionada para pastejo deve ser de desenvolvimento rápido e uniforme, e ser implantada visando a elevada densidade de plantas, de modo que garanta produção abundante de fitomassa e promova cobertura total da superfície de solo, evitando contato direto da pata do animal com o solo desnudo.

O estágio da planta para início do pastejo é variável com a espécie, sendo, porém, de relevante importância para garantir a eficiência da prática. No caso específico da aveia preta, comumente utilizada para esse fim no sul do Brasil, o início do pastejo dá-se a partir do perfilhamento pleno, quando as plantas atingem 25 cm a 30 cm

de altura, sendo interrompido definitivamente no prazo de, aproximadamente, 40 a 45 dias antes da data prevista para o estabelecimento da cultura subsequente. Esse prazo de 40 a 45 dias é reservado para recuperação da cultura, no sentido de reconstituir quantidade satisfatória de matéria seca. Contudo, esse período é essencialmente dependente do comportamento do clima, das condições de fertilidade do solo e do estado das plantas pastejadas. A recuperação da cultura pastejada assume importância, principalmente em vista do manejo empregado, necessário para o estabelecimento da cultura subsequente. Quanto menor o índice foliar da cultura, maior a dificuldade para manejá-la, seja por dessecação, seja por rolagem com rolo faca.

Para o estabelecimento da cultura subsequente à pastejada, é importante observar o estado físico do solo, e tomar cuidados especiais com a semeadora a ser empregada. Pequenas trincheiras devem ser abertas na área, observando-se a profundidade e o grau de compactação promovido pelo pisoteio de animais. A semeadora, principalmente no caso de solos argilosos, deve ser equipada com uma faca estreita na linha de semeadura, regulada para operar à profundidade superior a 10 cm, objetivando eliminar a compactação promovida pelo pisoteio de animais e colocar os fertilizantes abaixo das sementes.

### **Culturas destinadas à cobertura de solo**

No planejamento de modelos de rotação de culturas, nem sempre é possível contar exclusivamente com espécies geradoras de renda direta, como as produtoras de grãos, forragem ou feno. Em face de problemas técnicos, principalmente de fitossanidade, em determinados modelos de rotação de culturas há necessidade de inclusão de espécies que não promovam ren-

da direta, mas cumpram papel fundamental na manutenção e/ou construção de solo fértil e, conseqüentemente, na manutenção da produtividade e da economicidade do sistema agrícola produtivo, denominadas de culturas de cobertura de solo ou de adubos verdes.

Espécies destinadas a esse fim devem ser selecionadas pela capacidade de solucionar o problema técnico criado, pela possibilidade de produção de sementes, pelo potencial de produção de fitomassa, pela propriedade de reciclar ou incorporar nutrientes no solo, pela velocidade e uniformidade do desenvolvimento vegetativo e pelas facilidades para manejo, especialmente quanto à compatibilidade do ciclo com as demais espécies do modelo de rotação de culturas e quanto aos riscos de se tornar planta daninha.

Essas espécies, quando não conduzidas à produção de grãos, normalmente devem ser manejadas no estágio de floração plena, estágio este no qual a planta acumula a maior quantidade de fitomassa. No caso de cereais de inverno, o manejo anterior a esse estágio de desenvolvimento pode promover rebrotes da cultura, o que provocaria a necessidade de dessecações posteriores. O manejo posterior a esse estágio pode incorrer no fato de a planta já possuir sementes fisiologicamente maduras, as quais podem transformar-se em plantas daninhas, no modelo de rotação de culturas estabelecido.

Diferentes métodos e equipamentos podem ser empregados para efetuar o manejo de culturas de cobertura de solo. Os métodos mais difundidos são rolagem com rolo faca e dessecação com herbicidas totais. Contudo, a roçadora, a segadora e a grade de discos, entre outros equipamentos, também podem efetuar o manejo des-

as culturas de forma satisfatória. Enquanto a eficiência do manejo com rolo faca, com roçadora, com segadora ou com grade de discos é totalmente dependente do estágio de floração plena das culturas, a dessecação com herbicidas totais, normalmente, é independente, podendo ser realizada em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura. Dessa forma, o rolo faca, a roçadora, a segadora e a grade de discos, quando operados no estágio correto de desenvolvimento da cultura, constituem eficientes mecanismos de manejo. Contudo, a seleção do mecanismo, a exemplo da regulação do picador de palha, está diretamente associada ao tipo de cultura que está sendo manejada, à espécie que se pretende implantar em seqüência e ao tipo de semeadora disponível para realização da semeadura.

O rolo faca, embora apresente como desvantagens o elevado custo para aquisição e risco de compactação superficial do solo, maneja a cultura mediante amassamento uniforme das plantas, na superfície do solo. A semeadura da cultura subsequente, nessas circunstâncias, deve transcorrer no mesmo sentido da operação de rolagem, e a semeadora deve ter a mesma largura do rolo faca. A roçadora tem como principal desvantagem, além da má distribuição do material roçado na superfície do solo, o esfacelamento da parte aérea de plantas, contribuindo, decisivamente, para a rápida decomposição da matéria seca. A segadora simplesmente secciona as plantas, deixando-as inteiras e completamente destacadas na superfície do solo, o que certamente provoca transtornos na operação de semeadura subsequente. A grade de discos, mesmo com pouca trava, tem como inconveniência a mobilização superficial do solo, podendo favorecer a germinação de plan-

tas daninhas. A dessecação com herbicida de ação total tem como vantagem, além de a operação ser independente do estágio de desenvolvimento da cultura, permitir a operação de semeadura com as plantas da cultura de cobertura de solo ainda em pé, o que facilita, sensivelmente, o desempenho da semeadora. Nesse caso, as plantas desseçadas são amassadas, por ocasião da semeadura, com a própria semeadora, mediante uso de mecanismos apropriados, montados atrás ou à frente da semeadora.

### Práticas mecânicas para manejo de enxurrada

A cobertura permanente de solo e a consolidação e estabilização da estrutura do solo, otimizadas pelo sistema plantio direto, têm sido, em determinadas situações, insuficientes para disciplinar os fluxos de matéria e de energia gerados pelo ciclo hidrológico, em escala de lavoura ou mesmo de microbacia hidrográfica.

Embora sob sistema plantio direto a cobertura de solo exerça função primordial na dissipação da energia erosiva da chuva, há limites críticos de comprimento do declive em que essa eficiência é superada e, conseqüentemente, processos de erosão hídrica estabelecidos. Assim, mantendo-se constantes todos os fatores responsáveis pelo desencadeamento da erosão hídrica e incrementando-se apenas o comprimento do declive, tanto a quantidade quanto a velocidade da enxurrada, produzidas por determinada chuva, irão aumentar e, em decorrência, elevar o risco de erosão hídrica.

A cobertura de solo apresenta potencial para dissipar em até 100% a energia erosiva das gotas de chuva, mas não manifesta essa mesma eficiência para dissipar a energia erosiva da enxurrada. A

partir de determinado comprimento de declive, o potencial da cobertura de solo em dissipar a energia erosiva da enxurrada é superado, permitindo flutuação e transporte de restos culturais, bem como desencadeamento do processo erosivo sob a cobertura. Nesse contexto, toda prática conservacionista capaz de manter o comprimento do declive dentro de limites que mantenham a eficiência da cobertura de solo na dissipação da energia erosiva da enxurrada, contribuirá, automaticamente, para minimizar o processo de erosão hídrica. Semeadura em contorno, terraços, faixas de retenção, canais divergentes, *vertical mulching*, entre outras técnicas, constituem práticas conservacionistas eficientes para a segmentação do comprimento do declive e, associadas à cobertura de solo, comprovadamente contribuem para o efetivo controle da erosão hídrica. Portanto, para o controle integral da erosão hídrica, é fundamental dissipar a energia erosiva do impacto das gotas de chuva e a energia erosiva da enxurrada, mediante a manutenção do solo permanentemente coberto e a segmentação do comprimento do declive.

A tomada de decisão, relativa à necessidade de implementação de práticas conservacionistas associadas à cobertura de solo, pode fundamentar-se na observância do ponto de falha dos resíduos culturais na superfície do solo, provocado pela enxurrada. A falha de resíduos indica o comprimento crítico do declive, ou seja, a máxima distância que a enxurrada pode percorrer sem desencadear processo de erosão hídrica. Em consequência, o comprimento crítico de declive corresponde ao máximo espaçamento horizontal permissível entre terraços, ou prática conservacionista equivalente.

## Controle de enxurrada sob sistema plantio direto

A tomada de decisão relativa à necessidade de implementação de práticas conservacionistas complementares à cobertura de solo, para o efetivo controle da erosão hídrica, em determinada área manejada sob sistema plantio direto, deveria fundamentar-se na aplicação da Equação Universal de Perda de Solo ou na estimativa do comprimento crítico do declive. Contudo, as informações disponíveis para a aplicação dessas ferramentas tecnológicas restringem-se a situações pontuais, circunstância que limita, substancialmente, a plena aplicação desses processos.

Diante desse quadro, um modo prático de avaliação dessa necessidade é a observância do ponto de falha dos resíduos culturais ou da cobertura de solo, que, além de revelar a ocorrência de erosão hídrica, poderá indicar, direta e especificamente, o comprimento crítico do declive, isto é, o máximo espaçamento horizontal entre terraços ou prática conservacionista equivalente, para amenizar o processo erosivo instalado e, assim, prevenir a reincidência do evento. Esse critério de percepção de com-

primento crítico de declive, no entanto, não considera a tolerância de perda de solo por erosão, que poderá ser inferior ou superior à admitida para o solo em questão. Se a perda de solo por erosão for inferior à tolerável, o comprimento crítico de declive estará definido pelo critério da falha dos resíduos culturais ou da cobertura de solo. Entretanto, se a perda for superior à perda tolerável, o comprimento crítico de declive não poderá ser estabelecido por esse critério.

Os resultados na Tabela 10 indicam que os critérios comprimento crítico de declive e tolerância de perda de solo por erosão nem sempre são adequados para o estabelecimento do espaçamento entre terraços. A justificativa reside no fato de que a seção máxima do canal do terraço de base larga, economicamente viável e tecnicamente possível de ser construída, é de, aproximadamente 1,5 m<sup>2</sup>. Assim, com base no volume de enxurrada esperado, é perceptível que o comprimento de declive da área de contribuição do deflúvio superficial para o canal do terraço com 1,5 m<sup>2</sup> de seção transversal, via de regra, será inferior ao do comprimento crítico de declive estabelecido pelos critérios falha de resíduos cul-

**Tabela 10.** Espaçamento horizontal entre terraços de base larga, com 1,5 m<sup>2</sup> de seção transversal, calculado por diferentes critérios, em área experimental submetida a diferentes métodos de manejo de solo e de culturas.

Manejo do solo e da cultura	Critério			
	Falha da cobertura	Erosão tolerável <sup>a</sup>	Taxa de enxurrada <sup>a</sup>	Volume de enxurrada <sup>b</sup>
	(m)	(m)	(m)	(m)
Sistema plantio direto - após milho	328	483	307	108
Escarificação - após milho	147	184	128	44
Sistema plantio direto - após milho/trigo	157	796	159	56
Escarificação - após milho/trigo	143	143	150	51

<sup>a</sup> Estimada com base em chuva simulada de 64 mm/h e 2 horas de duração, e considerando perda tolerável de solo de 6,0 t/ha/ano. <sup>b</sup> Estimada com base em chuva simulada de 64 mm/h e 1 hora de duração.

Fonte: Adaptada de Bertol e Cogo (1996).

turais e/ou cobertura de solo e tolerância de perda de solo por erosão (Tabela 10).

Do exposto, infere-se que, sob a atual disponibilidade de dados, a observância da falha de resíduos culturais e/ou da cobertura de solo constitui critério prático interessante para constatar presença de erosão hídrica e identificar a necessidade de implementação de tecnologia complementar à cobertura de solo para controle efetivo da erosão hídrica, porém o dimensionamento da prática conservacionista a ser estabelecida demanda a aplicação dos métodos norteados pelas equações [1] (terraço de drenagem) e [2] (terraço de absorção), as quais são fundamentadas em critérios como: chuva máxima esperada, taxa de infiltração básica de água no solo e capacidade de armazenamento ou de drenagem da prática mecânica a ser construída, entre outros requeridos pelo processo empregado.

$$Q = \frac{C.I.A}{360} \quad [1]$$

onde:

- Q = taxa máxima de enxurrada ou vazão de pico ( $m^3/s$ );
- C = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
- I = intensidade máxima da chuva para tempo de retorno e duração estipulados (mm/h);
- A = área de captação de enxurrada de cada terraço (hectare); e
- 360 = fator de ajuste de unidade da equação para  $m^3/S$ .

$$Q = L.A \quad [2]$$

onde:

- Q = volume total de enxurrada ( $m^3$ );
- L = lâmina da enxurrada gerada pela relação entre a chuva máxima esperada e a taxa básica de infiltração de

água no solo (m); e

- A = área de captação de enxurrada de cada terraço (hectare).

Uma vez identificada a necessidade de implementação de práticas conservacionistas como complemento à ação da cobertura de solo para controle efetivo da erosão hídrica em determinada área manejada sob sistema plantio direto, o programa computadorizado Terraços for Windows (PRUSKI et al., 1996) apresenta-se como ferramenta ímpar para o dimensionamento da estrutura a ser instalada (Denardin et al., 1999). A aplicação desse modelo, alicerçado nas equações [1] e [2], leva em consideração os seguintes parâmetros: chuva máxima esperada, para tempos de retorno e duração estipulados; tipo de solo; taxa de infiltração básica de água no solo; declividade do terreno; manejo de culturas; e dimensão do canal do terraço a ser construído, em função das condições topográficas do terreno e do equipamento disponível para construção. Desses parâmetros, a determinação da taxa de infiltração básica de água no solo destaca-se como fator absolutamente imprescindível para conferir precisão à prática mecânica a ser dimensionada.

### Semeadura em contorno

A semeadura em contorno, uma das mais antigas e efetivas práticas conservacionistas empregadas para o combate da erosão hídrica, caracteriza-se por ser de fácil aplicação e de ampla aceitação pelos agricultores.

Fileiras de plantas, estabelecidas perpendicularmente ao sentido do declive, criam pequenas barreiras que impedem o livre escoamento da enxurrada e, conseqüentemente, oportunizam maior infiltração de água no solo. Esse processo, ao

reduzir a velocidade e a quantidade de enxurrada que escoam na superfície do solo, dissipa a energia cisalhante da enxurrada e, em decorrência, proporciona menor erosão hídrica. A semeadura em contorno, quando comparada à semeadura no sentido do declive, pode reduzir em mais de 50% as perdas de solo por erosão hídrica. A eficiência dessa prática conservacionista no controle da erosão hídrica pode ser superior ao efeito proporcionado por um baixo índice de cobertura de solo (COGO et al., 2004).

O uso combinado de sistema plantio direto e semeadura em contorno é, indubitavelmente, o método mais eficiente para ampliar o comprimento crítico de uma pendente, por contribuir, de modo expressivo, para a minimização da energia erosiva da enxurrada.

A prática da semeadura em contorno encontra limitações em glebas de terra que apresentam o maior comprimento no sentido do declive e/ou topografia excessivamente irregular. O emprego da semeadura em contorno, em glebas caracterizadas por essas configurações, implica em inúmeras operações de remate da área cultivada e em intensa manobra de máquinas e implementos agrícolas, que podem resultar em problemas de compactação de solo. Nessa condição, o combate à erosão hídrica mediante a dissipação da energia cisalhante da enxurrada requer práticas conservacionistas alternativas, como terraços agrícolas de base larga ou faixas de retenção de enxurrada, transponíveis por máquinas e implementos agrícolas.

A redução da quantidade e do transporte de sedimentos em suspensão na enxurrada, e de substâncias químicas e/ou orgânicas em solução na enxurrada, bem como o aumento da quantidade de água infiltrada no solo, decorrentes do empre-

go da semeadura em contorno, pode contribuir, expressivamente, para a qualidade da água, principalmente de mananciais de superfície, como riachos, rios, lagos, açudes, etc.

A indicação da semeadura em contorno, como prática conservacionista para o controle da erosão hídrica, passa a ser cada vez mais relevante, na medida que aumenta o comprimento do declive, a declividade do terreno e a irregularidade topográfica da paisagem.

### Terraceamento

Terraços são estruturas hidráulicas conservacionistas, compostas por um camalhão e um canal, construídas transversalmente ao plano de declive do terreno, de modo a seccionar o comprimento das pendentes. Essa prática conservacionista tem, por objetivo, contribuir para o controle da erosão hídrica do solo em terrenos inclinados, mediante interceptação e disciplina da enxurrada ocorrente, quando a intensidade da chuva supera a taxa de infiltração de água no solo. O objetivo fundamental do terraceamento é reduzir riscos de erosão hídrica e proteger mananciais de superfície, como rios, lagos, represas, etc.

Os terraços agrícolas são classificados segundo os seguintes critérios (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985; LOMBARDI NETO et al., 1994):

- disciplina imposta à enxurrada;
- sentido do deslocamento de terra na construção do terraço; e
- amplitude da faixa de movimentação de terra na construção do terraço.

Quanto à disciplina imposta pelo terraceamento à enxurrada, os terraços agrícolas podem ser:

- terraço em nível ou de retenção ou de absorção ou de infiltração, quando constru-

ído em nível, de modo que a enxurrada é retida e infiltrada no canal do terraço. Esse tipo de terraço é indicado para solos de elevada permeabilidade; e

- terraço com gradiente ou de drenagem, quando construído em desnível, de modo que a enxurrada é conduzida, de forma segura, para fora da área protegida. Esse tipo de terraço é indicado para solos de permeabilidade moderada ou lenta.

Quanto ao sentido de deslocamento de terra na construção do terraço, os terraços agrícolas podem ser:

- terraço tipo Nichols, quando o deslocamento de terra na construção do camalhão do terraço é realizado de cima para baixo, resultando em canal de conformação triangular. Esse tipo de terraço é indicado, preferencialmente, para relevos fortemente ondulados; e
- terraço tipo Mangum, quando o deslocamento de terra na construção do camalhão do terraço é realizado, alternadamente, de cima para baixo e de baixo para cima, resultando em camalhão e canal de conformação trapezoidal. Esse tipo de terraço é indicado para relevos suavemente ondulados a ondulados.

Quanto à amplitude da faixa de movimentação de terra na construção do terraço, os terraços agrícolas podem ser:

- terraço de base estreita, quando a faixa de movimentação de terra na construção do terraço é de até 3 m de largura. Esse tipo de terraço é indicado para pequenas glebas de terra, com baixo índice de mecanização agrícola e terrenos com declividade superior a 0,12 m/m;
- terraço de base média, quando a amplitude da faixa de movimentação de terra na construção do terraço oscila entre 3 m e 6 m de largura. Esse tipo de terraço é indicado para terrenos com declividade entre

0,10 m/m a 0,12 m/m, e independe do tamanho da gleba de terra a ser protegida e do índice de mecanização agrícola; e

- terraço de base larga, quando a amplitude da faixa de movimentação de terra na construção do terraço é superior a 6 m de largura. Esse tipo de terraço é indicado para terrenos com declividade de até 0,10 m/m, e independe do tamanho da gleba de terra a ser protegida e do índice de mecanização agrícola, permitindo o cultivo mecanizado, tanto no camalhão como no canal.

No Brasil, em razão da inexistência de estudos locais, durante muitos anos o espaçamento entre terraços foi determinado por métodos empíricos, isto é, tabelas e equações desenvolvidas para as condições de solo e de clima dos Estados Unidos da América, como a tradicional fórmula de Bentley. Indiscutivelmente, esse processo de cálculo, ao mesmo tempo em que facilita a determinação de espaçamentos adequados entre terraços, gera também espaçamentos subestimados ou superestimados, com repercussões negativas, respectivamente, na eficiência e economicidade da obra implementada.

Estudos desenvolvidos nos últimos 15 anos denotam que o terraceamento, dimensionado com base em métodos empíricos para áreas manejadas sob preparo convencional, é inadequado para áreas manejadas sob sistema plantio direto, em razão do reduzido espaçamento horizontal entre terraços e, conseqüentemente, da elevada densidade de terraços que proporciona. Áreas manejadas sob sistema plantio direto certamente não demandam espaçamentos entre terraços tão reduzidos quanto sob preparo convencional.

A informatização dos métodos de dimensionamento de terraços, ao abando-



nar dados de natureza genérica, permite o uso de informações regionalizadas e particularizadas para a área-alvo, contemplando os seguintes fatores: características das precipitações pluviais, taxa de infiltração de água no solo, declividade do terreno, resistência do solo à erosão, capacidade do canal do terraço em armazenar ou transportar enxurrada e uso e manejo de solo empregado. Entre esses fatores, a taxa de infiltração de água no solo é o principal responsável pela determinação de maiores espaçamentos entre terraços, para áreas manejadas sob sistema plantio direto.

A partir dessa constatação, o programa computadorizado “Terraços for Windows”, idealizado por Pruski et al. (1996), dimensiona estruturas de terraços, alicerçado no critério volume de enxurrada esperado, contemplando os fatores chuva máxima esperada, taxa de infiltração de água no solo, declividade do terreno, tipo de solo, uso e manejo do solo e as dimensões do canal do terraço a ser construído, e gera amplos espaçamentos entre terraços, para áreas manejadas sob sistema plantio direto. Essa técnica foi validada para as condições de solo e clima da região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, em 1997 por Denardin et al. (1999).

Os afastamentos horizontal e vertical entre terraços, calculados pelo método do volume de enxurrada esperado, mediante o programa computadorizado “Terraços for Windows”, foram sensivelmente maiores do que aqueles determinados pelos métodos tradicionais (Tabela 11), o que justificou a necessidade de validação da estrutura projetada.

O amplo espaçamento horizontal e vertical da estrutura de terraços estabelecida contrapõe a percepção de que essa prática conservacionista induz expressivos prejuízos ao rendimento operacional de máquinas e implementos agrícolas e representa perdas de insumos agrícolas. Indubitavelmente, o programa computadorizado “Terraços for Windows” é aplicável para dimensionamento de outras práticas mecânicas, destinadas a criar obstáculos mecânicos ao livre escoamento superficial da enxurrada.

### **Vertical Mulching**

A segmentação de declives por terraços, cordões vegetados, taipas de pedra, canais divergentes, faixas de retenção, culturas em faixas, etc., constitui tecnologia tradicional para amenizar problemas de erosão hídrica. Objetivando contribuir para

**Tabela 11.** Espaçamento horizontal entre terraços de absorção, calculado por diferentes métodos, para precipitação pluvial de 130 mm no período de 24 horas, em lavoura manejada sob sistema plantio direto, em solo de textura argilosa e taxa de infiltração de água no solo de 68 mm/h.

Declividade (%)	Método			
	Bentley (m)	Paraná (m)	Lombardi Neto (m)	Volume enxurrada <sup>a</sup> (m)
5	24,4	27,9	43,1	117,1
7	20,9	24,2	37,4	90,3
9	19,0	21,8	33,7	75,4
11	17,7	20,0	30,9	66,0
15	16,3	17,5	27,2	54,6
20	15,3	15,6	24,1	46,8

<sup>a</sup> Método calculado pelo software Terraço for Windows.

Fonte: Adaptada de Pruski et al. (1996).

esse elenco de tecnologias-solução, a prática conservacionista *vertical mulching*, ajustada às condições de solos bem drenados da região de clima subtropical úmido do sul do Brasil, por Righes et al. (2002a), foi validada por Denardin et al. (2005).

Essa prática conservacionista é constituída por sulcos, locados e construídos em nível, com 7,5 cm a 9,5 cm de largura e 40,0 cm de profundidade, preenchidos com resíduos vegetais (Figura 2). Esse sulco é preenchido manualmente com palha, preferencialmente de cereais de inverno, e o afastamento horizontal entre os sulcos têm sido de, aproximadamente, 10 m, em função da razão entre as taxas de infiltração de água no solo e no sulco. As dimensões dessa prática conservacionista são decorrentes das características do equipamento motomecanizado, valetadora rotativa, empregado para a construção dos sulcos (figuras 3 e 4). Em razão da reduzida largura do sulco, o *vertical mulching* praticamente não interfere nas operações motomecanizadas requeridas para a condução da lavoura.

O *vertical mulching*, fundamentado no aumento da taxa de infiltração de água no solo e na conseqüente redução do deflúvio superficial, tem revelado potencial para

disciplinar a enxurrada e prevenir o desencadeamento de processos de erosão hídrica em área manejada sob sistema plantio direto (RIGHES et al., 2002a). O emprego dessa prática, em princípio, deverá ser restritivo a talwegues propensos à elevada concentração de enxurrada (Figura 5).

O *vertical mulching* testado em um Argissolo Vermelho Amarelo, em Santa Maria, RS, indicou que a adoção dessa técnica conservacionista reduziu em 52% a taxa do escoamento superficial (DOTTO, 1988). Nesse mesmo estudo, foi observado que a presença do *vertical mulching* contribuiu para reduzir em 77% as perdas médias de matéria orgânica no sedimento carreado pela enxurrada (RIGHES et al., 2002b). Em um Latossolo Vermelho Escuro, de textura argilosa, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, o *vertical mulching*, além de retardar significativamente o início da enxurrada, reduziu em 55% e 74% as taxas de enxurrada para sulcos espaçados de 10 m e de 5 m, respectivamente, em parcelas experimentais com 9% de declividade, sob chuva simulada com intensidade de 106 mm/h (DALLA COSTA, 2004). Esses resultados permitem vislumbrar que o *vertical mulching* constitui tecnologia conservacionista que contribui para o eficaz

Foto: Paulo Kurtz



**Figura 2.** *Vertical mulching*, em lavoura sob sistema plantio direto, com detalhe do sulco preenchido com palha.



**Figura 3.** Implemento agrícola denominado de valetadora rotativa, empregado na construção do *vertical mulching*.

Foto: Paulo Kurtz

Foto: Paulo Kurtz



**Figura 4.** Construção do sulco do *vertical mulching*, com detalhe da distribuição uniforme da terra, extraída do sulco, na superfície do solo.

manejo de enxurrada de áreas manejadas sob sistema plantio direto.

Tanto o terraceamento, especialmente dimensionado para o sistema plantio direto, como o *vertical mulching*, constituem técnicas indutoras da semeadura em contorno, prática que torna as linhas de plantas obstáculos eficazes ao livre escoamento da enxurrada, complementando o conjunto de práticas conservacionistas que contribuem para a gestão dos fluxos de energia e de matéria de origem hidrológica no âmbito dos agroecossistemas (DENARDIN et al., 2008b).

### Considerações finais

A agricultura conservacionista, por muito tempo, restringiu-se à adoção de um enfoque reducionista, estando associada, única e exclusivamente, ao grau de redução da intensidade de mobilização do solo em relação ao preparo convencional praticado mediante aração e gradagem. Na atualidade, agricultura conservacionista é entendida como um complexo tecnológico de enfoque sistêmico, que objetiva preservar, melhorar e otimizar os recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade, devidamente



Foto: Paulo Kurtz

**Figura 5.** Lavoura sob sistema plantio direto, com problema evidente de erosão em sulco, em um talvegue propício à construção de *vertical mulching*.

compatibilizado com o uso de insumos externos.

O conjunto de processos tecnológicos contemplados pelo atual enfoque da agricultura conservacionista pode ser considerado um dos mais notáveis progressos do desenvolvimento agrícola das últimas décadas, por envolver redução ou eliminação de mobilizações de solo, preservação de resíduos culturais na superfície do solo, manutenção de cobertura permanente de solo, ampliação da biodiversidade mediante uso de rotação de culturas, diversificação de sistemas agrícolas produtivos como agropastoris, agroflorestais e agrossilvipastoris, manejo integrado de insetos-praga, de patógenos e de plantas daninhas, controle de tráfego de máquinas e de equipamentos, uso preciso de agroquímicos, etc., processos esses que constituem pilares de sustentação de um modelo sistêmico de produção, conservando o solo, a água, o ar e a biota de agroecossistemas.

No Brasil, a atual abordagem da agricultura conservacionista é contextualizada no âmbito do sistema plantio direto, o qual vem sendo interpretado como meio para imprimir sustentabilidade à agricultura.

O plantio direto - focado como um sistema de exploração agropecuária e fun-

damentado na diversificação de espécies, via rotação e/ou consorciação de culturas, na mobilização de solo apenas na linha ou cova de semeadura, na manutenção permanente da cobertura de solo e na minimização do intervalo entre colheita e semeadura, objetivando estabelecer um processo contínuo colher-semear - constitui um complexo de tecnologias de processo, de produto e de serviço, que submete o sistema agrícola produtivo a um menor grau de perturbação, quando comparado a outras formas de manejo que empregam mobilização de solo. Em síntese, sistema plantio direto constitui ferramenta da agricultura conservacionista capaz de viabilizar o ato de semear sem preparo prévio de solo - semeadura direta - de modo contínuo. Em consequência, esse conjunto de tecnologias requer menor infraestrutura de máquinas e de equipamentos, demanda menor força de trabalho e menos energia fóssil, beneficia a atividade biológica do solo, favorece o controle biológico de insetos-praga, de doenças e de plantas daninhas, minimiza a erosão, otimiza a utilização de fertilizantes, instiga os processos de floculação e de agregação do solo e o desenvolvimento da estrutura do solo, re-

duz a taxa de mineralização da matéria orgânica e desacelera a taxa de ciclagem ou de reciclagem de nutrientes, estabelecendo sincronismo com a taxa de crescimento das formas de vida presentes. Portanto, o sistema plantio direto, comparativamente a outras formas de manejo, potencializa a obtenção do equilíbrio dinâmico do sistema agrícola produtivo, disciplinando os fluxos de entrada e de saída de energia e de matéria do sistema, e conserva o respectivo potencial biológico, reservando-lhe maior capacidade de autorreorganização. Ao refletir esse conceito, a adoção do sistema plantio direto objetiva expressar o potencial genético das espécies cultivadas pela maximização do fator ambiente e do fator solo, sem degradar os recursos naturais, permitindo-lhes atuar como mecanismos de transformação, de reorganização e de manutenção da agricultura.

Entretanto, a otimização dos benefícios esperados da agricultura conservacionista está na dependência não apenas da adoção do sistema plantio direto, mas também de sua associação às práticas mecânicas complementares para o manejo da enxurrada.

## Referências

- ÂNGULO, R. J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M. L. P. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 133-138, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS DEFENSIVOS GENÉRICOS. **Produzir ou importar?** 2004. Disponível em: < [http://aenda.org.br/informativo\\_066.htm/](http://aenda.org.br/informativo_066.htm/)>. Acesso em: 19 abr. 2010.
- BAKER, C. J.; SAXTON, K. E.; RITCHIE, W. R. **No-tillage seeding: science and practice**. Wallingford: CAB International, 1996. 258 p.
- BERTOL, I.; COGO, N. P. Terraceamento em sistemas de preparo conseracionista de solo: um novo conceito. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Núcleo Regional Sul, 1996. 41p. (Boletim técnico,1).
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livrocercas, 1985. 392 p.
- BORGES, G. de O. Resumo histórico do plantio direto no Brasil. In: PLANTIO direto no Brasil. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT: FUNDACEP FECOTRIGO: Fundação ABC: Ed. Aldeia Norte, 1993. p.13-18.
- CASTRO, O. M.; LOMBARDI NETO, F.; DECHEN, S. C. F. Manejo da sucessão soja trigo e as perdas por erosão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., 1983, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: SBCS, 1983. p. 103.
- COGO, N. P.; BERTOL, I.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Terraceamento em sistemas conservacionistas de preparo do solo: I - Análise conceitual e um exemplo numérico ilustrativo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa Maria. **Manejo: integrando a ciência do solo na produção de alimentos**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 18 p. 1 CD-ROM.
- COGO, N. P.; DREWS, C. R.; GIANELLO, C. Índice de erosividade das chuvas dos municípios de Guaíba, Ijuí, e Passo Fundo, no estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 145-152.
- CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap 1. p. 29-61.
- COSTA, F. de S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 323-332, 2008.
- COSTAMILAN, L. M.; LHAMBY, J. C. B. Incidência de podridão parda da haste de soja em diferentes sistemas de rotação de culturas. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 111-112. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 14).
- DALLA COSTA, R. **Nutrientes na água de escoamento superficial em sistema plantio direto com mulching vertical**. 2004. 63 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- DALLMEYER, A. U. Opções na semeadura: resumo. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 6-9, 2001.
- DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S.; FREITAS JÚNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 265-272, 1986.
- DENARDIN, J. E. Project metas - a partnership in research and development applied to the no-tillage system in southern Brazil. In: ATELIER INTERNATIONAL SUR LA GESTION AGROBIOLOGIQUE DES SOLS ET SYSTEMES DE CULTURE, 1998, Antsirabe, Madagascar. **Resumes des communications = Summaries of communications = Resumos das comunicações...** [Paris: CIRAD, 1998]. p. 26-27.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Agricultura sustentável: sistema plantio direto, uma bandeira consolidada. **Jornal do CREA RS**, v. 64, p. 8, 2001.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BACALTCHUK, B.; SATTLER, A.; DENARDIN, N. D'A.; FAGANELLO, A.; WIETHÖLTER, S. Sistema plantio direto: fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008a. v. 1, cap. 1, p. 1251-1273.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BERTON, A.; TROMBETTA, A.; FALCÃO, H. **Terraceamento em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 3 p. html. (Embrapa Trigo. Comunicado técnico

- online, 8). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co08.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co08.htm)>. Acesso em: 13 nov. 2009.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, N. D'A. Sistema agrícola produtivo: fator de promoção da fertilidade integral do solo. In: WORKSHOP SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005, Campinas. **Anais...** Piracicaba: Fundação Agrisus: FEALQ; Campinas: IAC, 2007. p. 156-167.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SATTler, A. **Evolução da área cultivada sob sistema plantio direto no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 32 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 29).
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FAGANELLO, A.; SATTler, A.; MANHAGO, D. D. "Vertical Mulching" como prática conservacionista para manejo de enxurrada em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 2847-2852, 2008b. Número especial.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CASSOL, E. A.; MONDARDO, A.; SCHWARZ, R. A. **Manejo de enxurrada em sistema plantio direto**. Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. 88 p.
- DENARDIN, J. E.; WÜNSCHE, W. A. Erodibilidade de um latossolo vermelho-escuro. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., 1980, Recife. **Anais...** Recife: URP, 1981. p. 219.
- DERPSCH, R. Historical review of no-tillage cultivation of crops. In: SEMINAR NO TILLAGE CULTIVATION OF SOYBEAN AND FUTURE RESEARCH NEEDS IN SOUTH AMERICA, 1., 1998, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** [Toquio]: JIRCAS, 1998. p. 1-18. (JIRCAS. Working report, 13).
- DERPSCH, R. **Historical review of no-tillage cultivation of crops**. 2007. Disponível em: <<http://www.rolf-derpsch.com/notill.htm#5>>. Acesso em: 13 nov. 2009.
- DERPSCH, R. Importância da cobertura do solo e do preparo conservacionista. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1.; SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO NO PLANALTO, 3., 1983, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Projeto Integrado de Uso e Conservação do Solo: Universidade de Passo Fundo - Faculdade de Agronomia, 1984. p. 153-166.
- DOTTO, J. M. R. **Perdas de água, solo e nutrientes em solo Podzólico Vermelho-Amarelo sob chuva natural e diferentes manejos**. 1988. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- HENKLAIN, J. C.; FREIRE, O. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de Latossolos do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 191-195, 1983.
- HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. **Adubos verdes de outono-inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 93 p.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 15, p. 408-441.
- KORONKA, P. Machinery development for direct drilling. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v. 7, n. 4, p. 190-195, 1973.
- LITTLE, C. E. **Green fields forever: the conservation tillage revolution in America**. Washington: Island Press, 1987. 192 p.
- LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZI JÚNIOR, R.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. **Terraceamento agrícola**. Campinas: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado de São Paulo - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. 39 p. (CATI. Boletim técnico, 206).
- MANUAL de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC, 2004. 400 p.
- MUZILLI, O. Plantio direto em solos de baixa aptidão agrícola. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Ed.). **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**. Londrina: IAPAR, 1999. p. 100-123. (IAPAR. Circular técnica, 108).
- PERDAS de solo por erosão. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1984. 18 p. Relatório de projeto de pesquisa.
- PHILLIPS, S. H.; YOUNG JR., H. M. **No-tillage farming**. Milwaukee: Reiman Associates, 1973. 224 p.
- PLATAFORMA plantio direto. Brasília, DF: Embrapa, 2003. Disponível em: <<http://www22.sede.embrapa.br/plantiodireto>>. Acesso em: 13 nov. 2009.
- PRUSKI, F. F.; SILVA, J. M. A. da; CALIJURI, M. L.; BHERING, E. M. **Terraço for windows, versão 1.0**. Viçosa: UFV - Departamento de Engenharia Agrícola, 1996. 1 disquete + manual do usuário.
- RAMOS, M.; WILES, T. L. Sistemas de preparo mínimo do solo: técnica e perspectivas para o Paraná. In: PLANTIO direto com gramoxone. Rolândia: [s. n., 1975]. Não paginado.
- REIS, E. M.; SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rotação de culturas. I. Efeitos sobre doenças radiculares do trigo nos anos 1981 e 1982. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 3, p. 431-437, 1983.

RESCK, D. V. S. Erodibilidade de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico fase terraço, localizado na Zona da Mata (MG), determinada com simulador de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 1, p. 7-14, 1981.

REUNIÃO SOBRE PLANTIO DIRETO, 1977, Londrina.

**Síntese...** Londrina: Embrapa Soja, 1977. 81 p.

RIGHES, A. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; NISHIJIMA, T.; GARCIA, S. M. "Mulching" vertical e escoamento superficial no Sistema Plantio Direto.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **A engenharia**

**agrícola para o desenvolvimento sustentável:**

água, energia e meio ambiente: anais. Salvador:

SBEA: UFBA: Embrapa, 2002a. 4 p.

RIGHES, A. A.; DENARDIN, J. E.; NISHIJIMA, T.; GARCIA, S. M.; HERBES, M. G. Mulching vertical e enxurrada no plantio direto da soja. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: UFMT, 2002b.

p. 124. 1 CD ROM.

RUFINO, R. L. Avaliação do potencial erosivo

da chuva para o Estado do Paraná: segunda

aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,

Campinas, v. 10, n. 3, p. 279-281, 1986.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; LHAMBY, J. C. B.;

PEREIRA, L. R.; ROMAN, E. S.; SALVADORI, J. R.

**Efeito do manejo do solo e de sistemas de cultivo sobre a produção de trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1990. 15 p. (EMBRAPA. Programa Nacional de Pesquisa – Trigo).

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. 412 p.

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C., SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. ; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2 ed. rev. e ampl. Porto Alegre: EMATER-RS, 2008. 222 p.

VIEIRA, C.; FRAZIER, R. D. Cultivo mínimo: nova técnica de agricultura tratorizada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 11, n. 65, p. 240-246, 1961.

WILES, T. L.; GUEDES, L. V. M. Controle a erosão pelo plantio direto. In: PLANTIO direto com gramoxone. Rolândia: [s. n., 1975a]. Não paginado.

WILES, T. L.; GUEDES, L. V. M. O desenvolvimento do plantio direto de soja e trigo – norte do Paraná – 1971/1975. In: PLANTIO direto com gramoxone. Rolândia: [s. n., 1975b]. Não paginado.