

PLANTIO DIRETO NA PALHA RUMO À SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA NOS TRÓPICOS

Telmo Jorge Carneiro Amado
Flávio Luiz Foletto Eltz

O preparo convencional da terra, baseado em freqüentes mobilizações do solo, resultou em elevadas taxas de erosão, sob clima tropical. Este processo, que está associado à manutenção de solo descoberto, principalmente durante períodos de chuva intensa, provoca decréscimo do estoque de carbono no solo, comprometendo sua funcionalidade ecológica e produtiva no ecossistema. O insucesso do manejo convencional estimulou agricultores e pesquisadores a experimentarem o sistema de plantio direto. Introduzido inicialmente como alternativa de controle da erosão, foi sendo gradualmente adaptado para as condições tropicais. Parte do sucesso alcançado no Brasil pelo novo sistema residiu no reconhecimento da importância de se manter uma elevada quantidade de resíduos protegendo o solo. O sistema passou, então, a ser denominado plantio direto na palha, tendo como principal característica a permanente cobertura do solo. Para atender a este requisito, plantas de cobertura foram utilizadas em substituição ao pousio de inverno. Além disso, a rotação de culturas comerciais mostrou-se indispensável para a manutenção do sistema sem interrupção. Eficiente controle da erosão, incremento da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, estímulo à atividade biológica, atenuação da temperatura do solo, manutenção da umidade e gradual incremento da qualidade do solo são algumas das vantagens do plantio direto.

A erosão e a degradação dos solos no Sul do Brasil

O avanço da fronteira agrícola no Sul do Brasil baseou-se em sistemas de manejo do solo trazidos pelos colonizadores europeus. Revisão detalhada sobre o tema é apresentada por Mielniczuk¹. Estes sistemas de manejo apresentavam como principal característica a freqüente mobilização do solo, visando oferecer condições ideais à germinação de sementes. O preparo, em condições de clima temperado, é importante para o aquecimento do solo, que vem de um intenso período de inverno, no qual muitas vezes a superfície do solo fica congelada; outro benefício desta prática é o incremento do armazenamento de água, devido à maior rugosidade superficial induzida. O padrão de chuvas de longa duração e baixa intensidade, predominante em clima temperado, favorece o processo de infiltração de água no solo, com limitada ocorrência de erosão em solos com pequena declividade. A experiência com estes sistemas de manejo em condições tropicais e subtropicais era muito limitada, quando do avanço da fronteira agrícola.

Na década de 70, o Sul do Brasil experimentou o mais severo processo de degradação do solo agrícola de sua história, contrastando com os significativos avanços obtidos a partir dos programas de correção da acidez e fertilidade (operação tatu) implementados na época. A rápida expansão da fronteira agrícola alicerçada no preparo convencional do solo pode ser ilustrada com a área de cultivo do Rio Grande do Sul que, em 1969, era de apenas 800 mil hectares, e que em 1977 já alcançava 4 milhões de hectares.² As estimativas indicavam que para cada tonelada de grãos produzidos, nesta década, eram perdidas 10 toneladas de solo com elevado potencial agrícola. Entre as causas que favoreciam a ocorrência da erosão, destacam-se a intensa e freqüente mobilização do solo em períodos de chuvas, com elevado potencial erosivo³, a queima dos resíduos de trigo e o monocultivo de soja no verão. Deve-se salientar também que a acelerada redução no teor de matéria orgânica (MO), o selamento superficial (encrostamento), a compactação subsuperficial (pé de arado e pé de grade) conduziram ao decréscimo da qualidade física do solo que retroalimentava o processo erosivo.⁴ Além da degradação da matriz produtiva, o manejo do solo adotado apresentava alto impacto ambiental, devido às elevadas quantidades de nutrientes e pesticidas que eram transportadas pela enxurrada e que contaminavam os recursos hídricos. Nesta década, também foram emitidas as maiores quantidades de CO₂ para a atmosfera, devido ao elevado consumo de óleo

¹ MIELNICZUK, J. Manejo do solo no Rio Grande do Sul: uma síntese histórica. In: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, VI. Passo Fundo, 2003. *Resumo de palestras*. Aldeia Norte Editora Ltda., Ibirubá, 2003. p. 5-14.

² MIELNICZUK, J. *Op. cit.*

³ 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, II. Passo Fundo, 1978. *Anais ...* Passo Fundo, CNPT. p. 145-152.

⁴ CABEDA, M. S. V. Degradação física e erosão do solo. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, I & SIMPÓSIO DE CONSERVAÇÃO DE SOLOS DO PLANALTO, III. Passo Fundo, 1984. *Anais...* 1984, p. 28-33.

diesel nas operações de preparo e freqüentes ressemeaduras e, principalmente, devido ao processo de transferência de estoque do carbono que se encontrava no solo para a atmosfera.

O monocultivo, outra característica importante do sistema de manejo importado de condições temperadas, tinha no rigoroso inverno um fator natural de controle de pragas. Tal fato não se verificava em condições tropicais e subtropicais. Assim, houve a necessidade de generalização do uso de pesticidas, visando manter o potencial produtivo dos cultivos, resultando em elevados índices de contaminação humana e ambiental.

A degradação do solo no Sul do Brasil, durante a década de 70 e meados dos anos 80, comprometeu a obtenção de incrementos de rendimento proporcionais aos avanços tecnológicos, tais como: melhoria genética, insumos e máquinas disponibilizadas ao setor primário.⁵ Para ilustrar este processo, em novembro de 1978 a ocorrência do fenômeno climático “El Niño” resultou em perdas por erosão sem precedentes na história do Rio Grande do Sul, com prejuízos econômicos estimados em 33 milhões de dólares, apenas em sementes, fertilizantes, corretivos e trabalho perdidos.⁶ Todos os indicadores, portanto, conduziam a um quadro de insustentabilidade agrícola, que teve forte impacto social conduzindo ao êxodo rural de uma significativa parcela dos agricultores.

O insucesso em condições tropicais de sistemas de manejo baseados em freqüentes mobilizações e monocultivos pode ser resumido por dois processos: a) a manutenção do solo descoberto ou com baixa cobertura durante períodos de ocorrência de chuvas de elevada intensidade, fato que favorece as perdas de solo e água; b) o decréscimo acelerado do conteúdo de MO, que compromete as funções produtivas e ecológicas de solos com predominância de argilas de baixa atividade.

Perdas de solo e água sob preparo convencional e plantio direto

Com o crescimento acelerado das taxas de erosão verificadas nas lavouras, vários trabalhos de pesquisa foram iniciados no Rio Grande do Sul e Paraná, visando quantificar as perdas de solo e água. Historicamente, a erosão era quantificada de forma sistemática, apenas no Estado de São Paulo, com destaque para os trabalhos conduzidos pelo Dr. Quintilhano de Avelar Marques, no Instituto Agrônômico de Campinas, em 1943, e que ainda hoje continuam a ter as perdas de solo e água registradas.

⁵ ALVES, C. S. & SCHELL, L. O difícil caminho da produtividade. *Trigo e Soja*, 74:27-31, 1980.h

⁶ GIANLUPPI, D.; SCOPEL, I. & MIELNICZUK, J. Alguns prejuízos da erosão do solo no RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XVII, Manaus, 1979. *Resumos...* Campinas, SBCS. p. 92

No Rio Grande do Sul, em Argissolo Vermelho Amarelo, resultados de 5 anos mostraram que as perdas de solo em preparo convencional na sucessão trigo-soja foram de 129,8 t ha⁻¹, enquanto que no plantio direto foram de 45,2 t ha⁻¹. Resultados de 4 anos no mesmo solo mostraram perdas de solo de 92,6 t ha⁻¹ para o preparo convencional de trigo-milho e de apenas 13,0 t ha⁻¹ para a mesma sucessão em plantio direto.⁷

Em Latossolo Roxo, resultados de 4 anos na sucessão trigo-soja mostraram perdas de 38,5 t ha⁻¹ para o preparo convencional e de 2,6 t ha⁻¹ para o plantio direto. No mesmo solo com a sucessão aveia-milho, as perdas de solo no preparo convencional foram de 39,5 t ha⁻¹ e de 4,2 t ha⁻¹ no plantio direto.⁸

Em Argissolo Vermelho Amarelo, verificou-se redução de 70% nas perdas de solo com o plantio direto, em relação ao preparo convencional, na sucessão aveia/tremoço-milho.⁹ Seganfredo *et al.* observaram redução acima de 99% nas perdas de solo, quando compararam sistemas de culturas, com plantio em contorno, sob plantio direto com as perdas de solo verificadas em parcelas de solo descoberto.¹⁰ As perdas de MO em solo descoberto, neste trabalho, foram consideradas muito altas, de 4,2 t ha⁻¹ em apenas um ano, o que correspondeu a 8,5% de toda a MO existente na camada de 0-20 cm. Este resultado ressalta que a erosão pode ser o principal processo de redução do estoque de MO dos solos tropicais e subtropicais, quando mantidos descobertos.

No Paraná, em Latossolo Vermelho Escuro de Ponta Grossa, as perdas relativas de solo foram de 100 para o preparo convencional e 5 para o plantio direto, enquanto que para um Latossolo Roxo de Londrina, as perdas relativas de solo foram de 100 para o preparo convencional e de apenas 1 para o plantio direto.¹¹ Vieira e Mondardo relataram perdas de 657 kg ha⁻¹ de MO em preparo convencional e de 5 kg ha⁻¹ em plantio direto.¹² Os resultados da pesquisa independem do tipo de solo e de perdas de solo e de MO.

Do ponto de vista da sustentabilidade, sob condições tropicais e subtropicais, dois aspectos devem ser considerados: primeiro, dado o longo tempo necessário para a formação do solo, pode-se considerar as perdas verificadas sob preparo convencional como irreversíveis; segundo, além da perda quantitativa, está implícito que a camada superficial de solo removida é a mais fértil, o que equivale a um comprometimento da qualidade deste recurso natural que dificilmente será recuperado.

⁷ ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; SCOPEL, I. & GUERRA, M. perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo Laterítico bruno-avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 8: 117-125, 1984a.

⁸ CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F. & VIAU, V. M. Preparo do solo para a cultura do milho e as perdas por erosão em 3 solos do Rio Grande do Sul - 1979-1980. In: REUNIAO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, XXVI. Porto Alegre, 1981. *Ata...* Secretaria da Agricultura Porto Alegre, 1981. p. 148-152.

⁹ ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; GUERRA, M. & ABRÃO, P. U. R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho Amarelo) sob chuva natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:245-249, 1984b.

¹⁰ SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F. & BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:287-291, 1997.

¹¹ MONDARDO, A & BISCAIA, R. C. M. Controle da Erosão. In: *Plantio direto no Estado do Paraná*. Londrina: Fundação Instituto Agromômico do Paraná, 1981. p. 33-42. 244 p. (Circular IAPAR, 23).

¹² VIEIRA, M. J. & MONDARDO, A. Perdas por erosão em diferentes quantidades e manejos dos resíduos de colheita de trigo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, III. RECIFE, 1980. *Resumos*. Recife, SBCS, 1980.

Perdas de matéria orgânica sob preparo convencional e a emissão de CO₂ para a atmosfera

Além da perda de MO associada ao processo erosivo, o preparo intenso e freqüente estimula a mineralização da MO (oxidação biológica) e a liberação do CO₂ que se encontrava nos poros, reduzindo a permanência do carbono no solo.¹³ Quando o solo está sob vegetação natural (pastagem ou floresta), o conteúdo de carbono orgânico total, principal componente da matéria orgânica, encontra-se estável, havendo pequena variação ao longo do tempo. Neste caso, o efeito do solo sobre o fluxo de CO₂ para a atmosfera é praticamente neutro (figura 1 – etapa 1). Clima, vegetação, topografia e tipo do solo condicionam o tamanho do estoque inicial de carbono. Com o preparo intenso do solo, visando o cultivo de culturas anuais, verifica-se o rompimento do estado estável, com aumento nas taxas de perda de carbono do solo e redução na taxa de adição deste elemento via resíduos culturais.¹⁴ Na figura 1, a etapa 2 representa a fase em que o balanço de carbono é negativo, ou seja, há um rápido declínio do teor de MO. O solo torna-se uma importante fonte de emissão de CO₂ para a atmosfera, contribuindo para a intensificação do efeito estufa. Após alguns anos de declínio do teor de MO, um novo conteúdo estável, inferior ao original, é atingido, quando então, o conteúdo permanece com pequena variação ao longo do tempo, representado pela etapa 3, na figura 1. Neste caso, o impacto do solo sobre a emissão de CO₂ é praticamente neutro. Nesta etapa, o solo tem sua qualidade alterada para um patamar inferior, comprometendo sua funcionalidade produtiva e ecológica. A etapa 4, na linha contínua, representa uma fase na qual, com a implementação de práticas conservacionistas e princípios de sustentabilidade agrícola, o solo recupera sua capacidade de atuar como um regulador ambiental, passando a ser um importante dreno de CO₂ atmosférico. A capacidade produtiva do solo, nesta etapa, também é recuperada gradativamente. A linha pontilhada, na etapa 4, representa um cenário no qual as práticas conservacionistas não são implementadas.

Analisando-se estes processos concluiu-se que é praticamente impossível aumentar o teor de MO do solo quando a aração e a gradagem são utilizadas como sistema de preparo. Este fato está associado à eliminação de fatores que determinam a estabilidade física da MO, induzidos pela ruptura de agregados¹⁵ e pelo incremento da oxigenação do solo¹⁶.

¹³ BRUCE, J. P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H. & LAL, R. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservations*, 5:382-389, 1999.
REICOSKY, D. C. & LINDSTROM, M. J. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. *Agron. J.*, 85:1237-1243, 1993.

¹⁴ REICOSKY, D. C. & LINDSTROM, M. J. *Op. cit.* BAYER, C. *Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo do solo*. Porto Alegre, UFRGS, 1996. 240 p. (Tese de Doutorado).

¹⁵ CARTER, M. R.; ANGERS, D. A. & KUNELIUS, H. T. Soil structure and organic matter fractions under perennial grasses. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:1194-1199, 1994.

¹⁶ REICOSKY, D. C. & LINDSTROM, M. J. *Op. cit.*

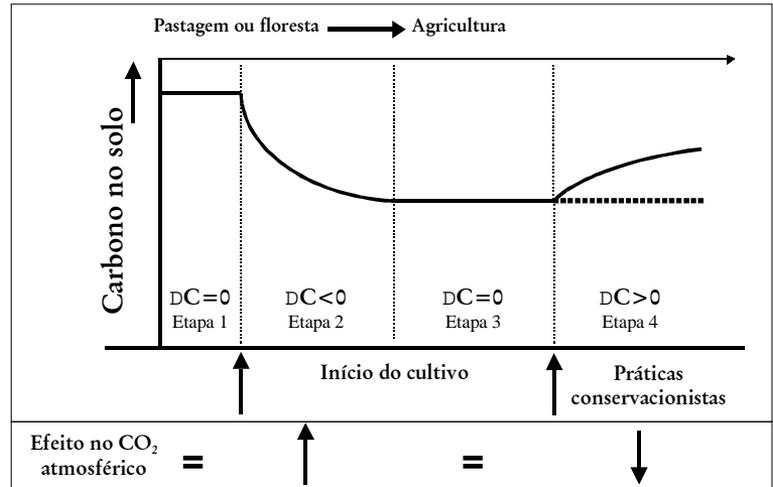


Figura 1: Modelo conceitual da dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo do solo

Historicamente, o preparo convencional tem conduzido a uma redução média na ordem de 30 a 50% no conteúdo original de MO do solo.¹⁷ Há evidências de que esta foi uma das principais fontes agrícolas que contribuíram para o significativo aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, agravando o efeito estufa.¹⁸ A emissão de gases que provocam o efeito estufa deve, necessariamente, ser contabilizada quando da análise da sustentabilidade de sistemas de manejo do solo.

Programas de manejo e conservação do solo no Rio Grande do Sul

Vários programas de conservação do solo foram desencadeados no Sul do Brasil visando reverter este severo processo de degradação dos recursos naturais. Entre eles destacam-se: o projeto integrado de uso e conservação do solo “PIUCS”, desenvolvido no planalto do Rio Grande do Sul a partir de 1979; o projeto “Saraquá”, desenvolvido nas encostas basálticas a partir de 1980; o programa de microbacias hidrográficas a partir de 1984, e o “METAS” a partir de 1992. Estes programas integravam a iniciativa privada, extensão rural, pesquisa agrícola e universidades. Revisão abrangente sobre o assunto foi apresentada recentemente por Mielniczuk¹⁹. Cada um destes programas cumpriu um importante papel para o aprimoramento dos sistemas agrícolas na direção da sustentabilidade. Entre as práticas conservacionistas difundidas entre os agricultores, destacam-se: eliminação de queimadas de resíduos de trigo, redução na

¹⁷ SCHLESINGER, W. H. Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. In: TRABALHA, J. R. & REICHELE, D. E. (eds.) *The changing carbon cycle: A global analysis*. New York, 194-220, 1985.

¹⁸ POST, W. M.; PENG, T. H.; EMANUEL, W. R.; KING, A. W.; DALE, V. H. & DEANGELIS, D. L. The global carbon cycle. *American Scientist*, 78:310-326, 1990.

¹⁹ MIELNICZUK, J. *Op. cit.*

freqüência e intensidade de preparo, terraceamento, plantio em contorno, eliminação de voçorocas, valorização da cobertura do solo, realocação de estradas rurais e difusão de preparos reduzidos, cultivo mínimo e plantio direto.

O sistema plantio direto

O sistema plantio direto foi desenvolvido gradativamente nos Estados Unidos, Alemanha e Nova Zelândia, refletindo uma evolução tecnológica da produção no sentido de reduzir a intensidade de preparo do solo. No início da década de 60, os agricultores do Kentucky (meio oeste americano) já utilizavam o sistema com o objetivo principal de controlar o processo erosivo.²⁰ Os primeiros resultados de pesquisas evidenciavam o potencial do novo sistema em controlar tanto a erosão hídrica quanto a eólica. Dez anos após o seu desenvolvimento, o sistema de plantio direto, já era introduzido por pesquisadores no sul do Brasil, despertando o interesse de agricultores pioneiros no Paraná e no Rio Grande do Sul.²¹

O sistema plantio direto introduzido dos EUA apresentava como características a manutenção de uma significativa percentagem de cobertura do solo e a mínima mobilização do solo quando da implantação da cultura. Estas características permitiam que o sistema fosse enquadrado como preparo conservacionista. As principais limitações, sob clima temperado, para a adoção do plantio direto, eram a redução da temperatura do solo, maior ocorrência de pragas e exigência de qualificação técnica do produtor.²²

Os principais entraves iniciais à expansão do plantio direto no Brasil estavam relacionados à falta de máquinas aptas a efetuar a semeadura em condições de presença de resíduos na superfície do solo, limitações de controle químico de ervas daninhas e ausência de experiência técnica com o novo sistema. Sob o ponto de vista do manejo, o foco recaía sobre a operação de semeadura, procurando minimizar problemas como excessiva mobilização do solo pelas semeadoras, “embuchamento” com palha do disco de corte, profundidade irregular de deposição das sementes, espelhamento da parede dos sulcos e efeito salino dos fertilizantes quando em contato com as sementes. Todos estes fatores combinados conduziam, em muitas situações, a problemas de “stand” das lavouras e presença de plantas daninhas na linha de semeadura. Resumidamente, o sistema plantio direto era sinônimo de ausência ou de mínima mobilização do solo e seu objetivo, o controle da erosão.

²⁰ PHILLIPS, S. H. No-Tillage, past and present. In: PHILLIPS, R. E.; THOMAS, G. W. & BLEVINS, R. L. *No-Tillage Research: Research Reports and Reviews*. University of Kentucky, 1981. 150 p.

²¹ MUZILLI, O. *O plantio direto no Brasil*. Atualização em Plantio Direto. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 3-18.

²² PHILLIPS, S. H. *Op. cit.*

As principais críticas a sua difusão em condições tropicais eram direcionadas a uma possível maior dependência ao uso de herbicidas e de outros insumos em relação ao sistema tradicional.

Sistema plantio direto na palha – desafios e soluções

As condições climáticas subtropicais e tropicais lançavam os primeiros desafios aos pesquisadores e agricultores brasileiros usuários do novo sistema: a) sem a interrupção do ciclo de pragas, devido à condição natural de inverno ameno, e sem o efeito físico do preparo do solo sobre os insetos, não poderia ocorrer maior incidência de pragas? b) a rápida decomposição dos resíduos culturais das safras anteriores, mesmo quando deixados na superfície do solo, não poderia resultar em períodos de solo descoberto? c) haveria restrições à infiltração de água devido à ausência de preparo do solo? d) os problemas de compactação e a necessidade de incorporação de corretivos poderiam ser solucionados em situação de ausência de preparo? e) seria aceitável, em termos econômicos e ambientais, controlar os insetos somente com métodos químicos? f) a presença de palha na superfície não seria um fator de incremento de pragas e doenças? g) seria praticamente impossível aumentar o teor de MO dos solos tropicais e subtropicais, devido às elevadas taxas de decomposição; h) o sistema era adaptado apenas às propriedades grandes e tecnificadas e i) a transição de um modelo de agricultura colonial para uma agricultura comercial contribuiria para o incremento da dependência internacional do país. Pelo exposto, muitos obstáculos e preconceitos precisavam ser superados para a consolidação do sistema em condições tropicais.

A atual área de expansão do sistema plantio direto no Brasil, que alcançou aproximadamente 20 milhões de hectares na safra 2002/03, é um indicativo de que estes desafios foram paulatinamente superados ao longo dos últimos 30 anos. Na figura 2 observa-se que, na década de 70, o sistema estava em fase de introdução e adaptação, já na década seguinte verificou-se o início de sua expansão, ainda concentrado nos Estados do Sul do Brasil, expansão que foi consolidada a partir dos anos 90, alcançando o Cerrado e as novas fronteiras agrícolas como o Norte do Brasil, espalhando-se então por todo o território nacional.

O Rio Grande do Sul foi um dos estados pioneiros na adoção do sistema, apresentando a segunda maior área no país. Em termos de pesquisa, a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) teve papel destacado, apresentando um dos

primeiros e mais citados trabalhos sobre o sistema, de autoria dos professores José Arleu Machado e Antônio Carlos R. de Brum, que já em 1978 evidenciava o efeito positivo do sistema sobre o teor de MO, porosidade total e macroporosidade, quando comparado ao sistema convencional.²³

²³ MACHADO, J. A. & BRUM, A. C. R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 2:81-84, 1978.

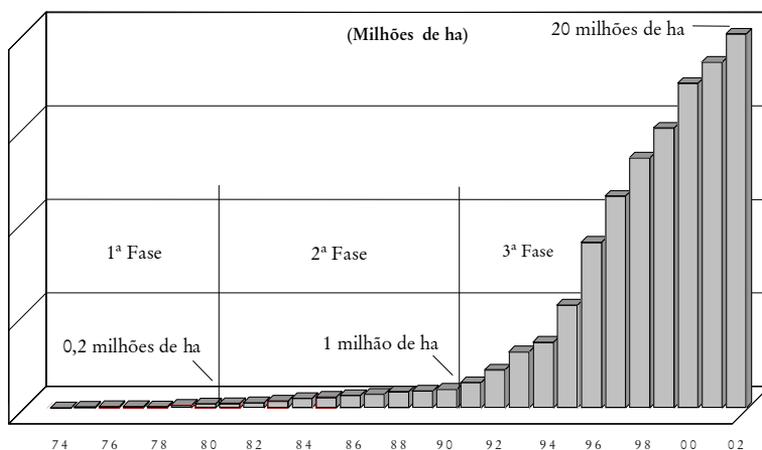


Figura 2: Expansão do sistema plantio direto no Brasil (1974 –2002). Fonte: FEBRAPDP, 2003²⁴

²⁴ FEDERAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Evolução do plantio direto no Brasil-1974 a 2002. Disponível no “site” www.fedrapdp.org.br, capturado em 12\09\2003.

Atualmente, o Brasil possui 30% do plantio direto realizado no mundo e ocupa a segunda posição em área de adoção, sendo superado apenas pelos Estados Unidos. Em condições de clima tropical e subtropical, o Brasil é o país com maior adoção do sistema. Merece registro também a veloz expansão do sistema verificada nos anos 90. A área de 1 milhão de hectares no início da década atingia, ao final, 16 milhões de hectares, ou seja, uma taxa de incremento de 1,5 milhões de hectares ano⁻¹, sem subsídios aos agricultores (figura 2).

Um dos aspectos determinantes para o sucesso do plantio direto foi a percepção da importância dos resíduos culturais para a eficiência do sistema, que, em condições tropicais e subtropicais, deveria ser, inclusive, em quantidades superiores àquelas preconizadas para as condições de clima temperado.

O plantio direto com pouca palha é o que tem mais problemas²⁵

Tal percepção levou os agricultores a denominarem o sistema como plantio direto na palha. A maior demanda por palha, sob clima tropical, está associada à necessidade de reduzir as elevadas temperaturas do solo, a alta evaporação

²⁵ DONATO, D. Problemas do plantio direto estão relacionados à falta de palha no plantio direto. *Revista Plantio Direto*, mai/jun., 2000.

e a ocorrência de chuvas de elevado potencial erosivo; à necessidade de incremento da detenção superficial da enxurrada, manutenção da infiltração de água, controle de inóculos por efeitos físicos e alelopáticos, ciclagem de nutrientes; e à necessidade de fornecer substrato para a atividade biológica e a recuperação do teor de MO do solo.²⁶

É necessário fazer a distinção de que o sistema plantio direto utilizado em clima temperado estava associado a monocultivos de verão e à utilização de pousio de inverno. Além disto, periodicamente é submetido a alguma operação de preparo do solo, intercalando ciclos de plantio direto com preparo do solo. Em condições tropicais e subtropicais, tal modelo, embora pudesse representar significativa contribuição ao controle da erosão, estaria ainda distante de apresentar características de sustentabilidade. Assim, duas das principais adaptações foram o desenvolvimento do sistema que pudesse ser mantido por longo período de tempo sem interrupção e a utilização de sistemas de cultura que pudessem aportar uma quantidade de biomassa compatível com a velocidade de decomposição dos resíduos. Esta última tarefa seria praticamente impossível apenas com o aporte de biomassa proporcionado pelos cultivos de culturas econômicas.

No Rio Grande do Sul, no início da década de 80, apenas 900 mil hectares eram cultivados durante o inverno, predominantemente com trigo, enquanto no verão a área cultivada alcançava 6,5 milhões de hectares, portanto 5,4 milhões de hectares permaneciam em pousio de inverno.²⁷ Esta realidade foi completamente mudada com o avanço do cultivo da aveia preta que, somente como cobertura do solo, alcança 1,2 milhões de hectares no Rio Grande do Sul.²⁸ No centro-oeste, o milheto e a brachiaria, entre outras, desempenharam este importante papel de fornecer a quantidade de cobertura morta necessária para a eficiência do sistema. Com base nisto foi possível desenvolver o conceito de plantio direto sob cobertura permanente.²⁹ Além disto, para que o sistema se mantivesse por longo tempo sem interrupção, a rotação de culturas mostrou-se indispensável. Assim, sistemas envolvendo dois anos de cultivo de soja intercalados por um de milho ou, ainda melhor, a rotação anual destas culturas foram implementados.³⁰

O sistema de manejo teve que ser completamente revisto, visando a adaptação à elevada quantidade de resíduos preconizados pelo plantio direto na palha. São exemplos deste processo: a) o rolo-faca, um implemento desenvolvido para o manejo das culturas de cobertura, cultivadas especificamente para aportar fitomassa; e b) o picador de

²⁶ LAL, R. No-Tillage farming in the tropics. In: *No-Tillage Research: Research Reports and Reviews*. University of Kentucky, USA, 1975. p. 103-148.

LAL, R. *Role of mulching techniques in tropical soil and water management*. Ibadan: IITA, 1975. 38 p.

MEDEIROS, J. C.; MIELNICZUK, J. & PEDO, J. F. Sistemas de culturas adaptadas a produtividade, recuperação e conservação do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:199-204, 1987.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; SCOPEL, E. & RIBEIRO, F. New concepts for sustainable management of cultivated soils through direct seeding mulch based cropping systems: the Cirad experience, partnership and networks. In: *WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, II*. Foz do Iguaçu, 2003. *Anais...* p. 142-144.

²⁷ FERREIRA, L. A. B. Uma visão ecológica das enchenetes. *Trigo e Soja*, 74:24-26, 1984.

²⁸ FLOSS, E. L. Aveia em semeadura direta. *Revista Plantio Direto*, 56:24-26, 2000.

²⁹ SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; SCOPEL, E. & RIBEIRO, F. *Op. cit.*

³⁰ RUEDELL, J. A Soja numa Agricultura Sustentável. In: *A soja em rotação de culturas no plantio direto*. Cruz Alta: Fundacep/Fecotrigo, 1998. p. 1-31.

³¹ BIANCHI, M. A. Manejo Integrado de Plantas Daninhas. In: *A soja em rotação de culturas no Plantio Direto*. Cruz Alta: Fundacep/Fecotrigo, 1998. p. 157-183.

³² WIETHÖLTER, S. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. In: *CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO*, VI. Passo Fundo, 2003. *Resumo de palestras*. Aldeia Norte Editora Ltda., Passo Fundo, 2003. p. 64-95.

³³ ANGHINONI, I.; SALET, R. L. & NICOLodi, M. Calagem no sistema plantio direto no Estado do Rio Grande do Sul. In: *CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO*, VI. Passo Fundo, 2003. *Resumo de palestras*. Aldeia Norte Editora Ltda., Passo Fundo, 2003. p. 36-51.

³⁴ CERETTA, C. A. & PAVINATO, P. S. Adubação em linha ou a lanço no plantio direto. In: *CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO*, VI, Passo Fundo, 2003. *Resumo de Palestras*. Aldeia Norte Editora Ltda., Passo Fundo, 2003. p. 23-35.

³⁵ AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no Rio Grande do Sul e Santa Catarina adaptado ao uso de culturas de cobertura, sob sistema plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:241-248, 2002.

³⁶ BAYER, C. *Op. cit.*
SÁ, J. C. M. Evolução da matéria orgânica do solo no sistema plantio direto. In: *CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO*, IV. Passo Fundo, 2001. *Resumo de palestras*. Aldeia Norte Editora Ltda., Passo Fundo, 2001. p. 5-20.

palha, que muitos produtores inclusive dispensavam, passou a ser um implemento importante, e gradativamente foi substituído pelo espalhador de palha, que não fracionava os resíduos e permitia a sua distribuição uniforme sobre a superfície do solo. As semeadoras sul-brasileiras tiveram que desenvolver sistemas de corte capazes de atuar nesta nova condição de superfície, experimentando sucessivos aprimoramentos que as projetaram internacionalmente pela sua qualidade. A tecnologia de aplicação de defensivos também foi amplamente revisada, visando aumentar a eficiência através de cuidados com tipos de bico, volume de aplicação, qualidade da água, horário de aplicação, condições climáticas e dosagens adaptadas ao tipo de cobertura vegetal (plantas daninhas e culturas de cobertura).³¹

As recomendações de fertilização e correção da acidez tiveram que ser revistas e ainda encontram-se em fase de adaptação.³² A amostragem de solo visando recomendação de adubação teve que ser adaptada às variabilidades horizontal e vertical comuns no sistema plantio direto. A correção da acidez passou a ser feita com aplicações na superfície do solo, com doses menores e mais espaçadas do que as anteriormente utilizadas.³³ A adubação com fósforo e potássio, em algumas situações, pode ser feita a lanço, dissociada do momento da semeadura, com vantagens operacionais.³⁴ A fertilização de reposição dos nutrientes exportados pelas culturas econômicas passou a ser feita nas culturas de cobertura, durante o inverno, com sucesso pelos agricultores. A adubação nitrogenada também teve sua recomendação revista passando a cultura de cobertura antecedente a integrar juntamente com o teor de MO e a expectativa de rendimento o conjunto de parâmetros a serem analisados para determinar a dose de adubação.³⁵ O incremento do teor de MO proporcionou aumento linear da CTC na camada superficial do solo, contribuindo para a redução do processo de lixiviação de bases.³⁶ O aumento da CTC devido à recuperação do teor de MO é fundamental para o manejo de solos tropicais. Outros importantes avanços na área de fertilidade e química foram a constatação da diminuição da atividade do alumínio, devido a ligações orgânicas com produtos da decomposição dos resíduos³⁷, bem como o deslocamento de corretivos no perfil, devido a ligantes orgânicos hidrossolúveis³⁸ e o arraste de partículas finas juntamente com o fluxo preferencial de água nos bioporos³⁹. O aporte de nutrientes via biomassa das culturas de cobertura através da valorização dos processos de ciclagem e fixação biológica de nitrogênio também merece destaque no sistema plantio direto na palha.

³⁷ SALET, R. L.; ANGHINO, I.; FORNARI, T. G. & KRAY, C. H. O alumínio é menos tóxico no sistema plantio direto. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, I. Lages, 1996. Resumos... SBCS, 1996. p. 72-74.

³⁸ PAVAN, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. *R. Bras. Ci. Solo*, 25: 885-895, 2001. CAIRES, E. F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiências no Estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, FERTBIO 2000, UFSM, Santa Maria, 2000.

³⁹ AMARAL, A. S. *Mecanismos de correção de acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície*. Porto Alegre, UFRGS, 2002. 107p. (Tese de doutorado).

⁴⁰ MEDEIROS, J. C.; MIELNICZUK, J. & PEDO, J. F. *Op. cit.* SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; SCOPEL, E. & RIBEIRO, F. *Op. cit.* DERPSCHE, R. & BENITES, J. Situation of conservation agriculture in the world. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, II. Foz do Iguaçu, 2003. *Anais...* p. 182-184.

⁴¹ REEVES, D. W. A Brazilian model for no-tillage cotton production adapted to the southeastern USA. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, II. *Op. cit.* p. 182-184.

⁴² LANG, I. The ecological foundations of sustainable land use: Hungarian agriculture and the way to sustainability. In: GREENLAND, D. J. & SZABOLCS, I. Soil resilience and sustainable land use. *Proceedings of a symposium...* Budapest, 1992. p. 3-19.

O efeito das culturas de cobertura no incremento da agregação, macroporosidade e no aporte de carbono é preservado pela ausência de preparo. Estas culturas possibilitam que os sistemas de manejo atendam a um dos principais fatores determinantes da sustentabilidade nos trópicos, ou seja, que o solo esteja permanentemente coberto por resíduos ou plantas em fase vegetativa.⁴⁰ Assim, verifica-se uma interação positiva entre o uso de culturas de cobertura e a ausência de preparo que resultam na gradativa melhoria da qualidade do solo. Este efeito combinado é um dos fatores-chaves para o sucesso do plantio direto em condições de clima tropical e subtropical.⁴¹

Sistema plantio direto na palha: características de sustentabilidade

O conceito de desenvolvimento sustentável foi formulado no início da década de 80 e, resumidamente, postulava que era possível harmonizar as necessidades materiais da sociedade, em crescimento populacional, com a utilização dos recursos naturais de maneira que a degradação e a poluição pudessem ser minimizadas.⁴² Portanto, um sistema sustentável deve atender os seguintes pré-requisitos: a) manter ou melhorar a qualidade dos recursos naturais; b) ser econômico, político e socialmente aceitável; c) melhorar a qualidade de vida.⁴³ A concepção de agricultura sustentável emerge do reconhecimento de que os recursos naturais são finitos e que os agroecossistemas são frágeis.⁴⁴ Nesse sentido, Lal afirma que o principal desafio da agricultura sustentável é o de promover incremento da produtividade com diminuição do impacto ambiental. Para ele, um sistema agrícola será sustentável, se atender os seguintes requisitos: a) erosão do solo controlada; b) conteúdo de MO mantido/aumentado; c) estrutura do solo preservada/melhorada; d) nutrientes eficientemente reciclados; e) regimes hídrico e energético mantidos favoráveis à integridade do sistema.⁴⁵

O controle da erosão, portanto, é condição essencial para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis. Friend e Debarba & Amado argumentam que as taxas de perda de solo, visando a sustentabilidade, deveriam se aproximar da taxa de formação do solo.⁴⁶ Com base neste critério, as perdas de solo toleráveis seriam pequenas, na faixa de 0,5 a 2,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.⁴⁷ Em um experimento de perda de solo localizado na UFSM, Debarba & Amado observaram que os sistemas aveia+ervilhaca/milho, tremoço/milho, feijão de porco/milho e mucuna/milho sob plantio direto atenderam a

- ⁴³ LAL, R. Sustainable Land Use Systems and Soil Resilience. 41-67p. In: GREENLAND, D. J. & SZABOLCS, I. Soil resilience and sustainable land use. *Proceedings of a symposium...* Budapest, 1992. 561 p.
- ⁴⁴ ESWARAN, H. Soil resilience and sustainable land management in the context of Agenda 21. 21-39 p. In: GREENLAND, D. J. & SZABOLCS, I. Soil resilience and sustainable land use. *Proceeding of a symposium...* Budapest, 1992. 561 p.
- ⁴⁵ LAL, R. *Op. cit.*, 1992.
- ⁴⁶ FRIEND, J. A. Achieving soil sustainability. *Journal of Soil and Water Conservation*, 47:156-157, 1992.
- DEBARBA, L. & AMADO, T. J. C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no Sul do Brasil com características de sustentabilidade. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:473-480, 1997.
- ⁴⁷ FRIEND, J. A. *Op. cit.*
- LAL, R. *Op. cit.*, 1992.
- ⁴⁸ DEBARBA, L. & AMADO, T. J. C. *Op. cit.*
- ⁴⁹ DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDOCEK, D. F. & STEWART, B. A. (eds). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-22. (Publication number 35).
- ⁵⁰ AMADO, T. J. C. Matéria orgânica no solo no sistema plantio direto: A experiência do Rio Grande do Sul. SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, III. *Anais...* 2002 – disponível no “site” www.potafos.org.br, capturado em 02/09/2003.
- ⁵¹ WATSON, R. T.; ZINYO-WERE, M. C. & MOSS, R. H. Impacts of climate change: scientific-technical analyses. In: *Climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

este requisito.⁴⁸ Por outro lado, o sistema pousio de inverno/milho sob plantio direto, tratamento com sistemas de cultura semelhante ao adotado em clima temperado, apresentou perdas de solo que foram o dobro da taxa estimada de formação do solo, apresentando características de insustentabilidade.

O solo é um componente crítico da biosfera terrestre, funcionando não somente no sistema agrícola, mas também na manutenção da qualidade ambiental.⁴⁹ O eficiente desempenho das funções ecológicas dos solos tropicais está diretamente relacionado à manutenção e incremento do teor de MO. Nesse contexto, o sistema plantio direto na palha produz incrementos graduais no teor de MO, com taxas de seqüestro de carbono atmosférico estimadas entre 0,2 a 1,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.⁵⁰ Com isto, o solo agrícola atua como um dreno de CO₂ para a atmosfera. Watson *et al.* estimaram que a agricultura em nível mundial pode compensar até 10% das emissões antrópicas de CO₂ com base no ano de 1990.⁵¹ Esta função ecológica do solo poderá inclusive ser remunerada num futuro próximo pelo mercado de carbono, como já está ocorrendo nos Estados Unidos.

Amado *et al.*, estimando emissões de CO₂ devido a mudança de estoque de carbono no solo, demonstraram que o sistema plantio direto pousio/milho resultou, em oito anos, numa liberação líquida de 4,3 Mg ha⁻¹, enquanto o sistema mucuna/milho proporcionou um seqüestro de 20 Mg ha⁻¹ (figura 3).⁵² Os resultados reforçam o papel das leguminosas, as quais, através da fixação biológica do nitrogênio, proporcionam incrementos do teor de MO nos solos tropicais e subtropicais.

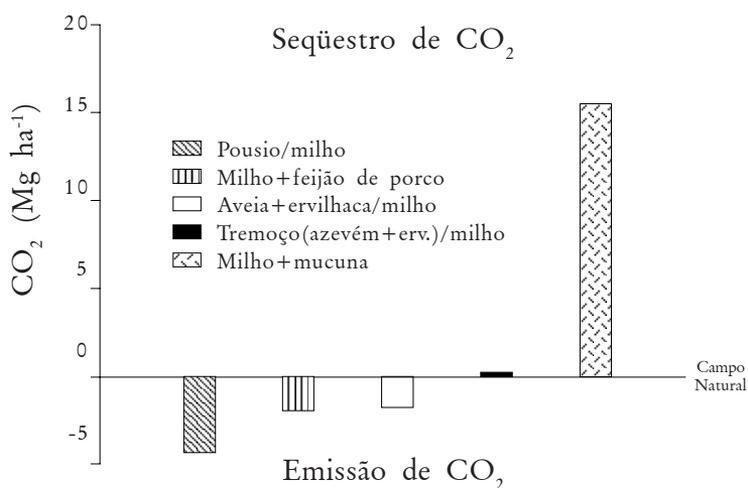


Figura 3: Estimativa do fluxo de CO₂ em sistemas de manejo do solo. Fonte: AMADO *et al.*, 2001⁵³

⁵² AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. & BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:189-197, 2001.

⁵³ AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. & BRUM, A. C. R. *Op. cit.*, 2001.

⁵⁴ GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M. & ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 1994.

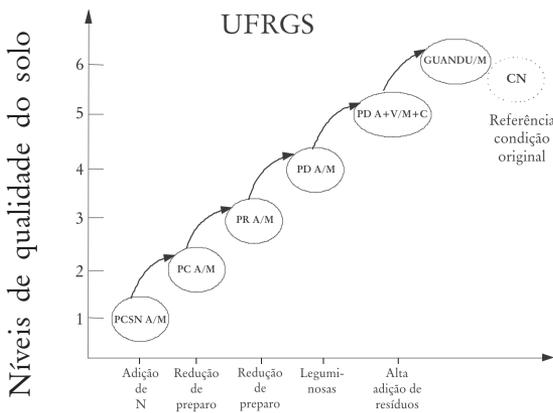
⁵⁵ ISLAM, K. R. & WEIL, R. R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal of Soil and Water Conservation*, 55:69-78, 2000.

⁵⁶ CONCEIÇÃO, P. C. & AMADO, T. J. C. Qualidade do solo sob sistema plantio direto em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. *Revista Plantio Direto*, 72: 29-33, 2002.

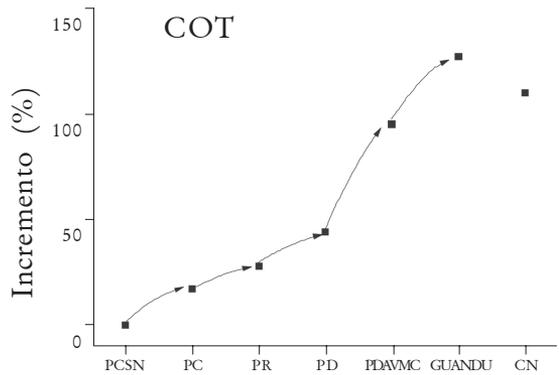
Para que o sistema de manejo apresente características de sustentabilidade, faz-se necessário que a qualidade do solo seja mantida e/ou incrementada ao longo do tempo. A qualidade do solo está relacionada ao seu grau de aptidão a um uso específico e é dependente das práticas agrícolas adotadas e das suas características pedogenéticas. Portanto, é o produto dos fatores que formaram o solo (qualidade inerente) e dos fatores do manejo adotado pelo produtor (qualidade dinâmica).⁵⁴ Para Islam & Weil⁵⁵, os indicadores de qualidade podem ser distinguidos em três grandes grupos: os efêmeros, cujas alterações ocorrem em curto prazo de tempo ou são modificados pelas práticas de cultivo (umidade do solo, densidade, pH, disponibilidade de nutrientes, etc.); os permanentes, que são próprios do solo (profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia, etc.) e, entre esses dois extremos, estão os indicadores intermediários, que possuem influência crítica na capacidade de o solo desempenhar suas funções no ecossistema. Para esses autores, os indicadores intermediários são os de maior importância para avaliar a qualidade do solo, com destaque à agregação, à atividade microbiana, ao carbono orgânico ativo e ao carbono orgânico total.

Utilizando os princípios anteriormente discutidos, Conceição & Amado⁵⁶ avaliaram a qualidade do solo, durante quinze anos, em um experimento que é o principal referencial de sistemas de manejo no Rio Grande do Sul, localizado na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho Distrófico de textura franco-argilosa. O clima da região, segundo classificação de Koeppen, é o subtropical de verão úmido quente do tipo fundamental Cfa. Os tratamentos foram hierarquizados em ordem crescente de qualidade, em função dos sistemas de preparo e cultura utilizados, conforme segue: 1) Aveia (*Avena strigosa*)/milho sob preparo convencional e sem adubação nitrogenada (PCSN A/M); 2) Aveia/milho sob preparo convencional e com adubação nitrogenada (PC A/M); 3) Aveia/milho sob preparo reduzido e com adubação nitrogenada (PR A/M); 4) Aveia/milho sob plantio direto e com adubação nitrogenada (PD A/M); 5) Aveia+ervilhaca/milho+caupi (*Vigna unguiculata*) sob plantio direto e com adubação nitrogenada (PD A+V/M+C); 6) Guandu (*Cajanus cajan*)/milho sob plantio direto (GUANDU/M) e com adubação nitrogenada; 7) Campo natural (CN).

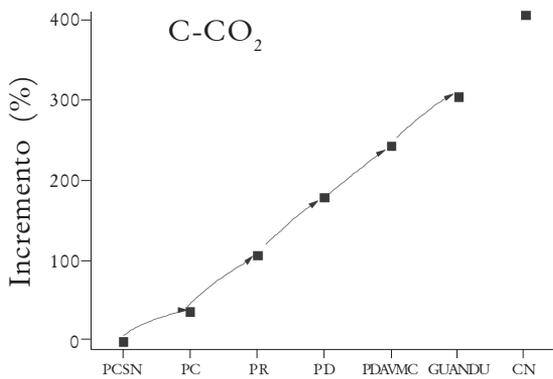
O incremento do carbono orgânico total (COT), principal constituinte da MO, na camada de 0-5 cm, foi um eficiente indicador da qualidade do solo em sistemas de manejo, conforme a figura 4. Este fato está associado à influência que a MO exerce, sob condições tropicais, nos demais atributos essenciais para que o solo desempenhe eficientemente suas funções no ecossistema. Destaca-se que os indicadores associados à atividade biológica, como a biomassa microbiana e a respiração do solo, também expressaram satisfatoriamente a qualidade do solo.



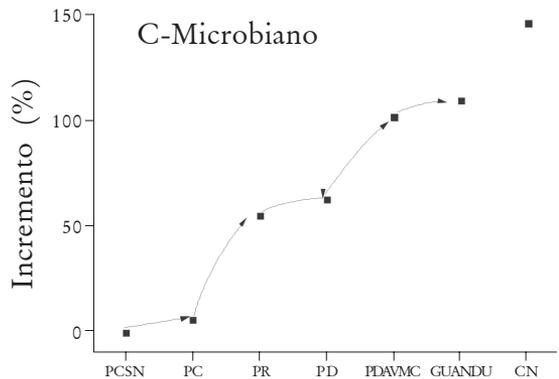
Melhorias na qualidade de manejo do solo



Sistemas de manejo



Sistemas de manejo



Sistemas de manejo

Figura 4: Níveis hierárquicos da qualidade do solo em sistema de manejo avaliado pelo conteúdo de carbono orgânico total, respiração do solo e biomassa microbiana

Sistema plantio direto na palha: perspectivas futuras

Pequena propriedade

O incremento na área cultivada com o sistema plantio direto, apresentado na figura 2, verificou-se principalmente onde a agricultura empresarial gerenciou a atividade. Por outro lado, o avanço nas pequenas propriedades é mais recente e modesto, porém não deve ser negligenciado devido ao elevado número de pessoas envolvidas. O Brasil, na safra 2001/02, possuía 173 mil hectares sob plantio direto na pequena propriedade, envolvendo 38.000 agricultores, concentrados principalmente nos três estados do Sul.⁵⁷ Deve-se enfatizar que o tamanho da propriedade não é, intrinsecamente, uma característica limitadora para a adoção do sistema. Provavelmente, no Brasil ainda não houve a mesma difusão do sistema nas pequenas propriedades, daquela verificada nos estabelecimentos de maior porte, devido à falta de uma política mais incisiva por parte de órgãos governamentais estaduais e federais. Tecnologia e implementos adequados para plantio direto em pequenas propriedades existem há vários anos, faltando uma ação política que incentive e financie o pequeno proprietário a utilizar o sistema. A extensão rural desempenha um papel fundamental neste processo.

Diversificação de culturas

O plantio direto atinge hoje uma variedade de culturas jamais imaginada há poucos anos atrás. O sistema foi utilizado inicialmente em culturas de grãos, como: soja, milho e trigo. No entanto, logo foi adotado também em algodão, centeio, sorgo, colza e girassol, aveia, nabo forrageiro, tremoço, ervilhaca, chícharo e espérgula. Todas essas culturas tinham em comum a reprodução por sementes. Adaptações permitiram também o cultivo de fumo em plantio direto, cultura esta que utiliza o transplante de mudas. O cultivo de hortaliças em plantio direto, tais como repolho, couve-flor, quiabo, entre outras, também foi bem sucedido. Em Santa Catarina, o plantio direto da cebola apresentou rendimentos 25% superiores ao convencional.⁵⁸ O feijão, tido como cultura sensível e que demanda solo mobilizado, mostrou-se perfeitamente adaptado ao plantio direto, inclusive em colheita mecanizada. A adaptação da tecnologia permitiu ainda o plantio direto de melancia, outra cultura tradicionalmente plantada em covas, e que passou a ser

⁵⁷ DERPSCH, R. & BENITES, J. *Op. cit.*

⁵⁸ AMADO, T. J. C. No-Tillage for onion production. *Onion Newsletter for the Tropics*, 02: 32-35, 1990.

cultivada com semeadora em linhas. Esses exemplos confirmam a percepção de Mr. Phillips, considerado o pioneiro mundial do plantio direto, de que uma das principais características deste sistema de manejo é a sua versatilidade.⁵⁹

⁵⁹ PHILLIPS, S. H. *Op. cit.*

Entre as mais recentes inovações tecnológicas, salienta-se o uso de semeadoras-adubadoras de plantio direto para acácia-negra, uma cultura florestal. Aparentemente, o limite de utilização do plantio direto é a imaginação do usuário. A cada ano surgem novas e surpreendentes aplicações para este sistema. A mandioca em plantio direto é uma das últimas novidades, e os rendimentos são equivalentes aos obtidos sob preparo convencional, que sempre foi o método preconizado para esta cultura. Reeves destaca a criatividade dos brasileiros como um dos componentes responsáveis pelo sucesso do plantio direto em clima tropical.⁶⁰

⁶⁰ REEVES, D. W. *Op. cit.*

Integração lavoura-pecuária

Outro aspecto importante é a agilidade com que a integração lavoura-pecuária pode ser executada mediante o uso do plantio direto. Desta forma, a substituição de pastagens por lavoura, processo observado atualmente em milhões de hectares no Centro-Oeste, é rápido e seguro, sem que haja perda de tempo pelas operações de preparo nem degradação do solo. Na integração lavoura-pecuária, a pastagem normalmente é semeada imediatamente após a colheita da lavoura comercial, mas também pode ser implantada mesmo antes da colheita, através da sobresemeadura ou ressemeadura natural, ganhando tempo extra para o estabelecimento, eficiência na ciclagem de nutrientes e melhor aproveitamento da estação de chuvas. A recuperação de pastagens degradadas por meio do cultivo de grãos também é uma estratégia de manejo que tem apresentado excelentes resultados, praticamente sem erosão. Os benefícios da integração entre lavoura e pecuária são mútuos, quando eficientemente manejados. A lavoura após a pastagem beneficia-se pelo melhoramento físico e recuperação da MO, enquanto a pastagem após a lavoura beneficia-se em razão da melhoria da fertilidade do solo, pelo efeito residual da adubação aplicada na lavoura, e do controle de inços. O domínio desta tecnologia é especialmente importante para o Brasil, que possui a maior reserva de solos agrícolas do mundo. Portanto, existe uma oportunidade histórica de utilização deste valioso recurso natural com base em um sistema de manejo adaptado às condições tropicais.

Sustentabilidade do sistema

O avanço do sistema plantio direto na palha na direção da sustentabilidade dependerá da integração com outras práticas de conservação do solo, do incremento da biodiversidade, do aumento do teor de MO, do aporte de nitrogênio via fixação biológica, do incremento da ciclagem de nutrientes, da rotação de culturas de cobertura do solo, da redução da utilização de agroquímicos, da incorporação de novas tecnologias como as ferramentas da agricultura de precisão, do aprimoramento do balanço energético, do decréscimo do escoamento superficial de água, da redução da emissão de gases que provocam o efeito estufa e da preservação dos demais recursos naturais. Portanto, há ainda um longo caminho a ser percorrido rumo à sustentabilidade agrícola nos trópicos. No entanto, quando se leva em consideração os resultados já alcançados em pouco mais de 30 anos com o sistema plantio direto na palha, só se pode ter uma visão otimista do futuro.

Telmo Jorge Carneiro Amado
e **Flávio Luiz Foletto Eltz** são
engenheiros agrônomos, doutores
em Solos e professores do
Departamento de Solos da
Universidade Federal de Santa
Maria, Rio Grande do Sul.
tamado@smail.ufsm.br
feltz@ccr.ufsm.br