

# Workshop sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo



Campinas, 13 e 14 de dezembro de 2005

# WORKSHOP SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ESTADO DE SÃO PAULO

**Data** 13 e 14 de dezembro de 2005

**Local** Hotel The Royal Palm Tower – Campinas-SP

**Realização**

**Instituto Agrônômico  
Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos  
e Recursos Ambientais**

**Promoção**

**Fundação Agrisus – Agricultura Sustentável  
Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ**

**Campinas, 27 de junho de 2007**



[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)



**SECRETARIA DE  
AGRICULTURA E ABASTECIMENTO**



**GOVERNO DO ESTADO DE  
SÃO PAULO  
RESPEITO POR VOCÊ**



[www.agrisus.org.br](http://www.agrisus.org.br)



[www.fealq.org.br](http://www.fealq.org.br)

## Ficha Catalográfica

W926 Workshop sobre o Sistema Plantio Direto no Estado de São Paulo  
(Campinas: 2005)

Workshop sobre o sistema plantio direto no Estado de São  
Paulo. / (org) Sonia Carmela Falci Dechen. Piracicaba: Fundação Agrisus;  
FEALQ; Campinas: Instituto Agrônômico, 2007.  
206 p.

ISSN: 0102-4477

1. Sistema plantio direto – São Paulo I. Dechen, Sonia Carmela Falci  
II. Título

CDD. 631.51

Tenho a impressão de que quem está em situação parecida é o sul do Brasil onde a degradação é iminente. Não tenho dúvida nenhuma disso.

Para ilustrar, ainda, nós temos na próxima figura uma raiz de gramínea, a aveia.

Veja a limitação da aveia comparada com um milho ou outro do tipo, que coloca uma raiz onde há um orifício feito por algum inseto e em relação ao resto não consegue cruzar os sistemas compactados. A raiz de nabo, eu acho que ao invés de descompactar solo, ela o comprime. Ela pode descompactar por onde passa, mas teve que empurrar o solo ao lado para poder crescer. Acho que dessa forma não temos um fator de descompactação. Descompactação com 250 mil plantas de nabo no solo, são 250 mil raízes. 60 mil plantas de braquiária por hectare quantos milhões de raízes são?

## SISTEMA AGRÍCOLA PRODUTIVO: FATOR DE PROMOÇÃO DA FERTILIDADE INTEGRAL DO SOLO<sup>9</sup>

José Eloir Denardin<sup>10</sup>

Rainoldo Alberto Kochhann<sup>10</sup>

Norimar D'Ávila Denardin<sup>11</sup>

### Introdução

A desenfreada busca por aumentos de produtividade, alicerçada no conceito de fertilidade do solo, notabilizado por parâmetros químicos e pelo uso intensivo de fertilizantes minerais, conduzida como estandarte desde a “revolução verde” e responsável pela deflagração de políticas de subsídios a esses insumos como alternativa-solução para a manutenção da competitividade da agricultura, nitidamente perdeu força e está sendo substituída pela implementação das diretrizes da agricultura conservacionista, cenário em que a ampliação do conceito de fertilidade do solo e a ambiência assumem relevância. A otimização de sistemas agrícolas produtivos, embasada em gestão incompatível com a promoção da fertilidade física, química e biológica do solo e descomprometida com o equilíbrio dinâmico do agroecossistema e de seu entorno, indubitavelmente, mostra-se dessincronizada ante a permanente expectativa de alcance de uma agricultura tendente à sustentabilidade.

Nesse contexto, a ampliação da base conceitual de fertilidade do solo, em que a estrutura deste desempenha papel determinante da expressão do potencial do fator solo, a quantidade e a qualidade de carbono orgânico gerado, parâmetros de essencial e incontestável ação na estru-

<sup>9</sup> Trabalho apresentado na Reunião Técnica Internacional “Relação semeadora/solo em sistema plantio direto – problemas e soluções”, promovida pelo PROCISUR e organizada pela Embrapa Trigo em Passo Fundo, RS, nos dias 6 e 7 de dezembro de 2005.

<sup>10</sup> Eng.-Agr., Pesquisador em Manejo de Solo na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo). Rodovia BR 285, Km 294, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS, Brasil. Fone (054) 3311 3444, Fax (054) 3311 3617. E-mail: denardin@cnpt.embrapa.br e rainoldo@cnpt.embrapa.br

<sup>11</sup> Bióloga, Professora da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Campus I, Caixa Postal 611 e 631, 99001-970 Passo Fundo, RS, Brasil. Fone/Fax (54) 3316 8151. E-mail: norimar@upf.tche.br

turação do solo, juntamente com o seqüestro de carbono orgânico, processo de proclamados e esperados benefícios à atmosfera, vem se constituindo em referencial para a gestão de sistemas agrícolas produtivos. Sob esse enfoque, é evidente que às características estruturais das plantas (qualidade e quantidade de fitomassa) está reservada a qualidade e a quantidade de carbono orgânico produzido, parâmetros estes responsáveis pela qualidade estrutural do solo e definição do padrão de fertilidade física, química e biológica do solo. A integração desse trinômio, para a promoção da fertilidade integral do solo, está, indissociavelmente, vinculada ao modelo de produção estabelecido, que, por sua vez, é dependente das características comportamentais das plantas cultivadas.

Objetiva-se com essa dissertação promover, no âmbito da implementação de um programa de desenvolvimento de sistema plantio direto no Estado de São Paulo, preocupações atinentes ao moderno enfoque da gestão conservacionista e ambiental de sistemas agrícolas produtivos, em que a técnica de pousio das terras, cuja premissa é de que a recuperação da fertilidade integral do solo é promovida pela vegetação espontânea, possa ser reproduzida e otimizada em modelos de produção que viabilizem o processo concatenado e ininterrupto de colher-semear.

## Sistema agrícola produtivo

Com o intuito de destacar a relevância do papel reservado às plantas na produção de carbono orgânico e, conseqüentemente, na estruturação do solo e na construção da fertilidade integral do solo, no contexto de uma agricultura tendente à sustentabilidade, é imprescindível conceituar sistema agrícola produtivo e diferenciá-lo de modelo de produção.

Sistema agrícola produtivo é entendido como a interação dos fatores ambiente, planta e solo, em que o fator ambiente 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 ambiente, 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 ambiente ou no fator planta, com vistas a aumentar a produtividade do sistema agrícola produtivo surtirá efeito se o

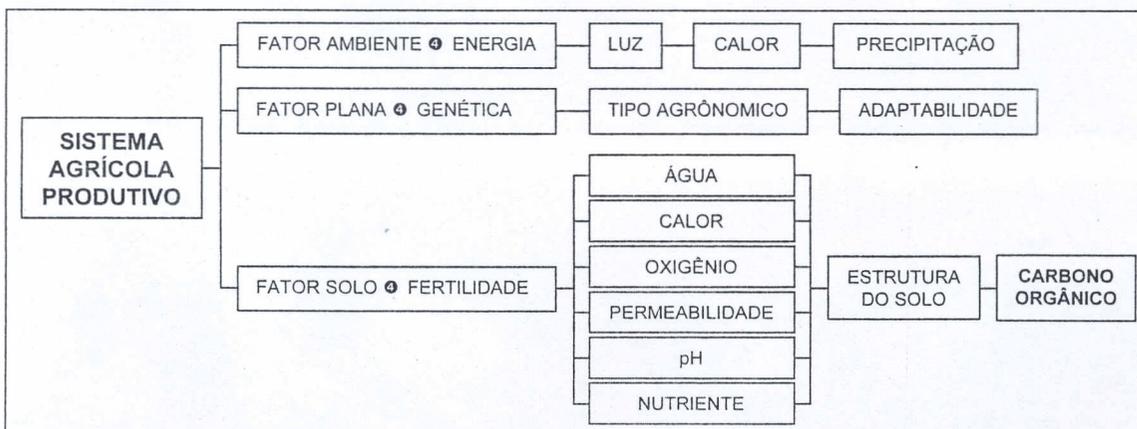


Figura 1. Estrutura conceitual de sistema agrícola produtivo.

fator solo encontrar-se no limite de suas potencialidades. 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.

## Agroecossistema – sustentabilidade agrícola

Ecosistemas naturais, interpretados como o conjunto de relações mútuas entre fauna, flora e microrganismos, em decorrência da interação de fatores geológicos, atmosféricos e meteorológicos, constituem, do ponto de vista da termodinâmica, um sistema aberto, com fluxos de energia e de matéria dinamicamente equilibrados. Interferências antrópicas, com fins agrícolas, alteram a dinâmica desses fluxos de energia e de matéria, transformando ecossistemas em agroecossistemas. Assim, os agroecossistemas, convencionalmente representados pelas propriedades rurais, são ecossistemas sob interferência antrópica, em permanente e estreita relação com os sistemas das interfaces.

O caráter de sustentabilidade que se pretende imprimir aos agroecossistemas, fundamentado na competitividade do agronegócio, no atendimento de necessidades socioeconômicas, na segurança alimentar da humanidade e na preservação dos recursos naturais, está na dependência da obtenção de um novo equilíbrio dinâmico dos fluxos de entrada e de saída de energia e de matéria do sistema e da conseqüente qualidade das relações estabelecidas com os sistemas do entorno. Em decorrência, elementos indicadores de sustentabilidade de um agroecossistema podem ser representados por parâmetros que expressam o grau de organização e de disciplina dos processos implicados no sistema e da qualidade resultante das relações com os sistemas vizinhos. Nesse contexto, os fluxos de energia e de matéria associados ao ciclo hidrológico destacam-se como os mais evidentes indicadores de sustentabilidade de um agroecossistema, em conseqüência da elevada sensibilidade que apresentam à interação dos fatores geológicos, atmosféricos, meteorológicos e antrópicos. Indubitavelmente, esse comportamento, termodinamicamente aberto dos agroecossistemas, envolvendo complexos e integrados fluxos de energia e de matéria, essencialmente emanados do ciclo hidrológico, justifica a contextualização da agricultura conservacionista, com caráter de sustentabilidade, no âmbito da bacia hidrográfica.

Do ponto de vista da fertilidade integral do solo, um relevante indicador do caráter de sustentabilidade de agroecossistemas está associado à dinâmica dos fluxos de adição e de mineralização do carbono orgânico, em decorrência do manejo estabelecido pelo homem e aplicado ao sistema agrícola produtivo.

Nesse cenário de tomada de decisão em relação à gestão de um sistema agrícola produtivo, destacam-se os aspectos relativos à intensidade de mobilização do solo, à diversidade e ao arranjo de espécies que compõem o modelo de produção e à quantidade e à qualidade de agroquímicos empregados. Enquanto a intensidade de mobilização do solo e a quantidade e a qualidade de agroquímicos estão associadas à taxa de aceleração da mineralização do material orgânico aportado ao solo, a diversidade e o arranjo de espécies, determinados pelo modelo de produção adotado, estão associados à quantidade e à qualidade da matéria orgânica resultante no solo.

A taxa de perda de matéria orgânica do solo é altamente influenciada pela mobilização do solo, por homogeneizar resíduos culturais e nutrientes na camada revolvida, oxigenar o solo e, conseqüentemente, estimular a ação de microrganismos decompositores. Em um mesmo solo, o preparo convencional pode duplicar a taxa de mineralização da matéria orgânica em relação ao sistema plantio direto. Sistemas agrícolas produtivos, em que a gestão contempla mobilização intensa de solo, remoção ou queima de resíduos culturais, modelo de produção que envolve espécies de baixa produtividade de resíduos culturais e/ou pousio sazonal, e, conseqüentemente, resulta em baixa produtividade de fitomassa, normalmente, geram taxa anual de aporte de material orgânico ao solo inferior a taxa anual potencial de mineralização. Essa condição determina mineralização da matéria orgânica estável do solo, implicando em redução do conteúdo de carbono do solo, desestabilização estrutural do solo e, por conseqüência, degradação da fertilidade integral do solo. Em síntese, os processos de melhoria da fertilidade integral do solo, indubitavelmente, estão associados à gestão de sistemas agrícolas produtivos que promovam maximização do aporte de material orgânico ao solo e minimização das perdas. Nesse sentido, é relevante considerar que, além dos resíduos culturais produzidos pela parte aérea das plantas, há o material orgânico aportado pelas raízes, que, incontestavelmente, assume papel preponderante na construção da fertilidade física, química e biológica do solo. Modelos de produção que contemplem espécies de abundante e agressivo sistema radicular, como gramíneas forrageiras perenes, que alocam maior fração de carbono fotossintetizado para as raízes do que espécies anuais, são mais eficientes em elevar o estoque de matéria orgânica no solo e em imprimir caráter de sustentabilidade aos agroecossistemas.

## Fertilidade integral do solo

O solo, sob enfoque elementar, é conceituado como um corpo componente da paisagem natural, representado por um elemento volumétrico e constituído por uma matriz de sólidos que abriga líquidos, gases e organismos vivos, compondo um complexo sistema físico-químico-biológico dotado de características e de propriedades resultantes dos efeitos do relevo, do clima, do tempo e da atividade biológica atuantes sobre o material de origem (processos pedogenéticos), bem como da ação antrópica. Sob enfoque funcional e do ponto de vista agrícola, o solo constitui o ambiente natural em que as plantas se desenvolvem, atuando como elemento de suporte e de disponibilização de água, ar e nutrientes. Entretanto, sob enfoque funcional e do ponto de vista de sistema agrícola produtivo, o solo é apenas um componente determinante da produtividade desse sistema, em razão de limitações de sua fertilidade integral.

O grau de fertilidade integral do solo, ao envolver aspectos físicos, químicos e biológicos, é determinado, fundamentalmente, pela estrutura do solo. A estrutura do solo rege os parâmetros determinantes da capacidade de armazenamento e de disponibilidade de água, da capacidade de armazenamento e de difusão de calor, da permeabilidade ao ar, à água e às raízes, do nível de acidez e da disponibilidade de nutrientes (Figura 1).

A estrutura do solo pode ser conceituada como a relação entre o volume realmente ocupado pelas partículas do solo e o volume aparente desse solo, variando com as dimensões dos poros existentes entre as partículas. De outra forma, estrutura do solo é o arranjo das partículas

que o compõem, decorrente de processos pedogenéticos e/ou de ações antrópicas relativas ao manejo. Sob o enfoque de sistema agrícola produtivo, a estrutura do solo amplia o conceito de fertilidade do solo, não o limitando, exclusivamente, a aspectos químicos, genericamente considerados como reação do solo (pH), teor de nutrientes e nível de matéria orgânica.

A agregação e a estabilidade dos agregados do solo, que determinam o tipo e a qualidade da estrutura do solo, são diretamente dependentes da quantidade e da qualidade da matéria orgânica do solo. A matéria orgânica interage com minerais do solo, formando complexos organominerais que resultam na formação de partículas secundárias de diversos tamanhos e formas. Em decorrência de a quantidade e a qualidade da matéria orgânica do solo ser resultante da quantidade e da qualidade do material orgânico aportado ao solo, infere-se que as espécies vegetais integrantes dos sistemas agrícolas produtivos constituem fator primordial responsável pelo desenvolvimento da fertilidade integral do solo. Portanto, o carbono orgânico aportado ao solo, oriundo da fitomassa da parte aérea e das raízes das plantas, de mucilagens e de exsudatos radiculares e da biomassa microbiana do solo, potencializa essa interação, formando e estabilizando agregados. A formação de agregados, por sua vez, diminui a ação dos microrganismos decompositores, contribuindo para o acúmulo de compostos orgânicos no solo, seqüestro de carbono, principalmente em solos não mobilizados.

A magnitude do fluxo de material orgânico aportado pelo modelo de produção aplicado ao sistema agrícola produtivo, bem como a qualidade da fonte de carbono adicionado, determinam a intensidade da atividade biológica no solo, a quantidade e a qualidade de compostos orgânicos secundários derivados e, conseqüentemente, influem nas propriedades do solo emergentes do ciclo do carbono, como conteúdo de matéria orgânica, agregação, porosidade, aeração, infiltração de água, retenção de água, capacidade de troca de cátions, balanço de nitrogênio etc. Em síntese, o modelo de produção aplicado ao sistema agrícola produtivo, que confere qualidade, quantidade e periodicidade ao aporte de carbono ao solo, associado ao modo de manejo dos resíduos culturais, que interfere na taxa de mineralização do material orgânico adicionado, é que, em essência, promove ou degrada a fertilidade integral do solo.

## Degradação estrutural do solo – adensamento e/ou compactação

É postulado que o arado e a grade de discos, operando de modo intensivo e continuamente na mesma profundidade de trabalho, são responsáveis pela degradação estrutural do solo e pelo conseqüente aumento de suscetibilidade à erosão, ao transformarem o horizonte superficial do solo em duas camadas com características e propriedades completamente distintas: uma superficial dispersa, com estrutura de grãos simples, aproximadamente de 0 a 6 cm de profundidade, e outra subsuperficial adensada/compactada, com estrutura maciça, aproximadamente de 6 a 20 cm de profundidade (Tabela 1). É compreensível que as operações de preparo de solo, efetuadas com esses implementos agrícolas, não tenham o efeito de uma coqueteleira, para promover, de forma exclusivamente mecânica, esse grau de transformação estrutural na matriz sólida do solo. Pode-se afirmar que a ação mecânica de mobilização do solo atua apenas como agente desencadeador desse processo de transformação estrutural e não como agente causal direto do fenômeno. A partir das mobilizações intensas de solo, que se processam, sistematicamente, ao longo das safras agrícolas, sucedem-se, em série no solo, complexas ações e reações biológicas, químicas e físicas, determinando que as alterações da matriz sólida não são resultantes de uma relação única entre uma causa e um efeito.

Biologicamente, esse processo de transformação estrutural do solo é condicionado pela mineralização da matéria orgânica fresca (fitomassa da parte aérea e das raízes das plantas, mucilagens, exsudatos radiculares e biomassa microbiana do solo) e da matéria orgânica estável (compostos orgânicos de cadeias estruturais longas). A ação mecânica de mobilização do solo, ao incorporar corretivos, fertilizantes e resíduos vegetais à camada arável, oxigena o solo e disponibiliza nutrientes aos microorganismos, incrementando, conseqüentemente, de forma intensiva, a atividade biológica, que passa a acelerar a mineralização do material orgânico incorporado e, em seqüência, a própria matéria orgânica estável do solo.

Os compostos orgânicos, reconhecidamente como agentes cimentantes ativos de macroagregados, quando mineralizados, promovem a desestabilização dos macroagregados, os quais, associados a contínuas operações de mobilização de solo, passam a ser fracionados, culminando com a dispersão do solo em microagregados e/ou em partículas unitárias.

Tabela 1. Densidade do solo e agregados estáveis em água, em frações da camada de 0 a 30 cm de profundidade, de um Latossolo Vermelho, submetido, por três e sete anos consecutivos, a preparo exclusivo com grade de discos.

Camada (cm)	Gleba sob 3 anos de uso		Gleba sob 7 anos de uso	
	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Agregado > 4,76 mm (%)	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	Agregado > 4,76 mm (%)
0 - 6				
6 - 14	1,20	78	1,43	48
14 - 23	1,20	79	1,40	58
23 - 30	1,18	78	1,25	56

\* Ausência de agregado ou solo com estrutura de grãos simples.

Quimicamente, o processo de transformação estrutural do solo é condicionado pela adição de corretivos e de fertilizantes, demandados pelo sistema agrícola produtivo, mas que possuem potencialidades para desencadear reações promotoras de alteração no estado de agregação e de estruturação do solo. Em parte, esse fenômeno pode ser desencadeado pelo calcário, corretivo normalmente aplicado em doses elevadas na camada arável do solo. Efeitos diretos dos carbonatos de cálcio e de magnésio na dispersão do solo são resultantes do aumento de cargas elétricas negativas e da conseqüente redução da atração entre as partículas coloidais, especialmente dos óxidos de ferro e de alumínio. A calagem propicia a substituição dos cátions H<sup>+</sup> e Al<sup>+++</sup>, que têm ação estabilizante da estrutura do solo, pelos cátions Ca<sup>++</sup> e/ou Mg<sup>++</sup>, que, na faixa de pH abaixo de 7,0, têm ação dispersante, culminando, à semelhança da reação biológica, com a desestruturação de macro e microagregados, bem como com a dispersão do solo em partículas unitárias.

A ação positiva da calagem na agregação de solos ácidos, relatada por numerosos autores, certamente é atribuída a efeitos indiretos, como favorecimento ao aumento de produção de fitomassa, primordialmente, em decorrência da elevação do pH, resultando em acúmulo de substâncias húmicas agregadoras do solo. Com base em tal assertiva, essa ação positiva da calagem pode ser esperada em sistemas agrícolas que produzem elevadas quantidades de biomassa, desde que associadas a condições climáticas e a técnicas de manejo de solo desfavoráveis à mineralização intensiva dos resíduos vegetais.

De modo genérico, portanto, é possível afirmar que os principais modelos de produção implementados nos sistemas agrícolas produtores de grãos, no âmbito dos latossolos brasileiros, não reúnem as condições necessárias para a calagem promover melhorias estruturais no solo. As condições climáticas, tropicais e subtropicais do Brasil, aliadas ao preparo intensivo do solo, determinam intensidade de mineralização de tal ordem que, além da decomposição da matéria vegetal fresca aportada pelo modelo de produção, a própria matéria orgânica estável do solo passa a ser decomposta, não permitindo acúmulo de húmus. Conseqüentemente, em detrimento da estabilidade de agregados, a dispersão do solo é favorecida.

Finalmente, as reações físicas, complementares do processo de transformação estrutural do solo, resumem-se à ação da água de percolação, que promove a eluviação dos minerais de argila dispersos na camada superficial do solo, e ao rearranjo "errático" dessas partículas na zona de deposição, alterando drasticamente a matriz sólida original do solo. A porosidade natural do solo na camada subsuperficial passa a ser obstruída pelos minerais de argila iluviados, elevando a densidade do solo pela concentração de massa de solo por unidade de volume. Esse fenômeno de migração e de sedimentação de minerais de argila é que desenvolve na subsuperfície do solo a camada adensada/compactada, com estrutura maciça e estabilizada por ligações eletrostáticas originadas dos minerais de argila iluviados, à semelhança do processo de desenvolvimento do horizonte B argílico. Em contrapartida, a perda de estabilidade dos macroagregados e seu fracionamento em microagregados e/ou em partículas unitárias e a conseqüente eluviação de parte dos minerais de argila é que desenvolve a camada superficial dispersa, com estrutura de grãos simples.

De modo paralelo e concomitantemente a esses processos, ocorre também o fenômeno típico e exclusivo de compactação do solo. Esse é resultante de forças mecânicas, oriundas do tráfego de máquinas agrícolas e do pisoteio de animais sobre o solo, que aproximam os microagregados e/ou as partículas unitárias dispersas, mediante expulsão do ar e/ou da água que os mantêm afastados, elevando a densidade do solo pela redução do volume total do solo às custas da redução da porosidade.

Não obstante os inegáveis benefícios creditados ao sistema plantio direto, é perceptível que expressiva parcela dos atuais modelos de produção implementados nos sistemas agrícolas anuais produtores de grãos no Brasil têm aportado fitomassa, tanto pela parte aérea da planta como pelas raízes, em quantidade inferior ao potencial de mineralização determinado pelas condições climáticas. Sistemas de rotação de culturas em que a produção de fitomassa apresenta-se quantitativa e qualitativamente insuficiente, associados à calagem concentrada na superfície do solo, certamente desencadeiam o processo de mineralização intensiva da matéria orgânica fresca aportada e, conseqüentemente, restringem a formação de matéria orgânica estável, responsável pela organização e estabilização da estrutura do solo. Nesse contexto, possivelmente a recuperação e/ou a manutenção da estrutura dos latossolos ácidos do Brasil requererá a implementação de ajustes nos modelos de produção, com a finalidade de propiciar taxas permanentes de aportes de resíduos vegetais e de raízes em quantidade e qualidade que permitam superar a taxa de mineralização.

Com base neste exercício de construção de hipóteses no entorno do complexo de causas e efeitos da transformação dos padrões de qualidade da fertilidade integral do solo, conclui-se que o sistema plantio direto, à luz do atual estado do conhecimento, é o sistema de manejo mais eficaz para expressar o potencial genético das espécies cultivadas, ao minimizar a degradação dos recursos naturais e ao maximizar o potencial do fator clima e, principalmente, do fator

solo, atuando como um mecanismo de transformação, de reorganização e de sustentação do agronegócio.

## Agricultura conservacionista

A agricultura conservacionista, por muito tempo, restringiu-se a um enfoque reducionista, estando associada, única e exclusivamente, ao grau de redução da intensidade de mobilização do solo em relação ao preparo convencional. Em decorrência, surgiram expressões para caracterizar sistemas de manejo conservacionista de solo, tais como preparo mínimo ou preparo reduzido (*minimum-tillage*), sem preparo, plantio direto, semeadura direta (*zero-tillage*, *no-tillage*) etc., que passaram a receber diversificadas interpretações/conceituações, em razão de particularidades regionais relativas ao tipo e à intensidade de uso de equipamentos agrícolas para mobilização de solo.

Na atualidade, agricultura conservacionista, no âmbito de sistemas agrícolas produtivos, é conceituada como um complexo de processos tecnológicos de enfoque holístico, que objetiva preservar, melhorar e otimizar os recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade, compatibilizado com o uso de insumos externos. Esse complexo de processos tecnológicos é considerado um dos mais notáveis fatores responsáveis por avanços no desenvolvimento agrícola da última década, fundamentalmente, por envolver, concomitantemente com a disponibilização de tecnologias para diferentes estratos fundiários:

- redução ou eliminação de mobilizações de solo;
- preservação de resíduos culturais na superfície do solo;
- manutenção de cobertura permanente do solo;
- ampliação da biodiversidade, mediante cultivo de múltiplas espécies, em rotação de culturas ou em consórcio de culturas, e uso de adubos verdes ou de culturas de cobertura de solo;
- diversificação e complexação de sistemas agrícolas produtivos, como sistemas agropastoris, agroflorestais e agrossilvipastoris;
- manejo integrado de pragas, de doenças e de plantas daninhas;
- controle de tráfego de máquinas e de equipamentos;
- uso preciso de insumos agrícolas;
- emprego de práticas complementares para controle integral da erosão;
- abreviação do interstício entre colheita e semeadura, pela implementação do processo colher-semear etc.

Diante dessa ampliação conceitual, a agricultura conservacionista, por preconizar implementação holística desse complexo de processos tecnológicos, apresenta estrutura sistêmica. A adoção parcial desses processos, indubitavelmente, remete a agricultura conservacionista ao cenário passado, em que a visão reducionista era predominante.

A agricultura conservacionista, sob essa abrangência conceitual, constitui sustentação de sistemas agrícolas produtivos, conservando o solo, a água, o ar e a biota, bem como, prevenindo a poluição e a degradação dos sistemas do entorno. Em outras palavras, agricultura conservacionista passa a ser interpretada como agricultura eficiente ou efetiva no uso dos recursos disponíveis.

No Brasil, a atual abordagem da agricultura conservacionista vem sendo amplamente contextualizada no âmbito do sistema plantio direto, o qual é interpretado como ferramenta da agricultura conservacionista para imprimir caráter de sustentabilidade ao desenvolvimento agrícola. Nesse sentido, sistema plantio direto é conceituado como um complexo de processos tecnológicos destinado à exploração de sistemas agrícolas produtivos, contemplando diversificação de espécies, via rotação e/ou consorciação de culturas, mobilização de solo apenas na linha/cova de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo e minimização do interstício entre colheita e semeadura, pela implementação do processo colher-semear. Sob esse enfoque, portanto, o conceito de sistema plantio direto não pode ser confundido com o simples ato de semear/plantar sem prévio preparo de solo, mas ser interpretado como um complexo tecnológico capaz de viabilizar a perenização desse processo.

À semelhança da atual base conceitual de agricultura conservacionista, o sistema plantio direto, ao contemplar integralmente esse complexo de processos tecnológicos, submete o sistema agrícola produtivo a um menor grau de perturbação ou de desordem, quando comparado a outras formas de manejo, por requerer menor infra-estrutura de máquinas e de equipamentos, demandar menor força de trabalho e menos energia fóssil, favorecer o controle biológico de pragas, de doenças e de plantas daninhas, minimizar a erosão, aumentar os processos de floculação e de agregação do solo, desenvolver a estrutura do solo, diminuir a taxa de mineralização da matéria orgânica e desacelerar as taxas de ciclagem e 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 agroecossistema, 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 auto-reorganização. 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 sustentação de agroecossistemas. O respeito à vida, mediante a incessante expectativa de alcance de uma agricultura irrepreensível, credencia a agricultura conservacionista e o sistema plantio direto como reais possibilidades de atendimento a esse paradigma.

Nesse cenário de transformação, de reorganização e de sustentação de agroecossistemas, catalisado pelos fundamentos que norteiam o sistema plantio direto, destaca-se a proposição de minimização do intervalo entre colheita e semeadura – processo colher-semear –, que demanda inovações tecnológicas para expressar o potencial de benefícios que reserva. É esse processo que melhor reproduz, no sistema agrícola produtivo, os fluxos de aporte e de mineralização de material orgânico observados em ecossistemas naturais, ou seja, o comportamento dos ciclos que representam vida em ecossistemas naturais – ciclo do carbono, ciclo do nitrogênio etc. Em ecossistemas naturais, os fluxos de adição e de mineralização de material orgânico, embora variem sazonalmente em intensidade, podem ser considerados permanentes e simultâneos, mantendo as entradas e as saídas de matéria e de energia em equilíbrio dinâmico. Em contraste, observa-se que, em agroecossistemas estruturados em sistemas agrícolas produtivos, constituídos por modelos de produção que contemplem espécies anuais, os fluxos de adição e de mineralização de material orgânico nem sempre são contínuos e simultâneos. No período do ciclo vegetativo das espécies cultivadas, ambos os fluxos, adição e mineralização, ocorrem simultaneamente. Nessa situação, os elementos mineralizados podem ser repostos e absorvidos pelas plantas vivas, evitando perdas no sistema. Entretanto, no período de entressafra, em decorrência da ausência de plantas vivas, a mineralização, que passa a ser o fluxo predominante

ou exclusivo, libera carbono e nutrientes para o sistema, sem as respectivas reposição e absorção. Nessa situação, o sistema torna-se vulnerável a perdas pela quebra do equilíbrio dinâmico preconizado para a sustentabilidade agrícola.

## Otimização de sistemas agrícolas produtivos

Do exposto, é possível inferir que a sustentabilidade de agroecossistemas é totalmente dependente da qualidade de gestão dedicada aos sistemas agrícolas produtivos, fundamentalmente, aos aspectos relativos ao quanto os modelos de produção são eficazes em reproduzir o equilíbrio dinâmico dos fluxos de aporte e de mineralização de material orgânico observados nos ecossistemas naturais. Em decorrência, está reservado à estruturação dos modelos de produção o grau de relacionamento entre a atividade agrícola e a ambiência, parâmetro que vem sendo submetido gradativamente a avaliações cada vez mais rigorosas por exigência de forças sociais. Portanto, a viabilização técnica do complexo tecnológico contemplado pela agricultura conservacionista está, essencialmente, associada às características estruturais e comportamentais das espécies cultivadas. O processo colher-semear, que objetiva reduzir ou suprimir o período de entressafra dos sistemas agrícolas produtivos, depende do melhoramento genético de plantas orientado à ampliação da sazonalidade das espécies cultivadas, isto é, da criação de cultivares adaptadas para cultivo em diferentes épocas do ano agrícola e com variados ciclos. Essa diversidade de características comportamentais, tanto em espécies comerciais como em espécies destinadas à promoção da fertilidade integral do solo, propicia flexibilidade ao planejamento de modelos de produção, minimização ou supressão dos períodos de entressafra e otimização do uso da terra, por viabilizar maior número de safras por ano agrícola.

Um dos exemplos mais expressivos de sucesso alcançado pelo melhoramento genético na introdução desse comportamento sazonal em espécies cultivadas é observado na cultura de milho. Atualmente, na região de clima subtropical do Brasil, essa espécie pode ser considerada uma cultura, com híbridos e/ou cultivares, de natureza multissazonal, pois é cultivada, com sucesso, no período de julho a março, ou seja, em todas as estações do ano e com ciclos que variam de superprecoce a tardio. Outro exemplo dessa natureza, de elevada repercussão econômica e ambiental, proporcionado pelo melhoramento genético vegetal pode ser observado na região do Cerrado brasileiro. A redução do ciclo da cultura de soja, em mais de 30 dias, associada a similar abreviamento de ciclo das culturas de milho e de trigo, propiciou mudanças radicais nos modelos de produção estruturados em sistemas agrícolas produtivos conduzidos sob sistema plantio direto, que eram alicerçados na monocultura de soja ou na sucessão de culturas soja comercial/milheto (*Pennisetum americanum*) para cobertura de solo. Essa característica comportamental, geneticamente introduzida nessas espécies, induziu a implementação do binômio safra-safrinha nessa região do país, ou seja, duplicação de safras com espécies comerciais por ano agrícola, viabilização da diversificação de espécies cultivadas e complexação de sistemas agrícolas produtivos, como a integração agricultura/pecuária. A imagem expressa na Figura 2, amplamente difundida via Internet, no último ano, que retrata um sistema agrícola produtivo de grãos na região do Cerrado brasileiro, embora encerre múltiplas interpretações relativas ao agronegócio brasileiro – exuberância, potencialidade, pujança... –, nenhuma é mais explícita que o processo colher-semear. Nesse processo, é relevante enfatizar a interação observada entre o sistema plantio direto e as espécies e as cultivares portadoras de características específicas, ao atuarem como fatores de otimização do modelo de produção e de conferência de caráter de sustentabilidade ao agroecossistema.

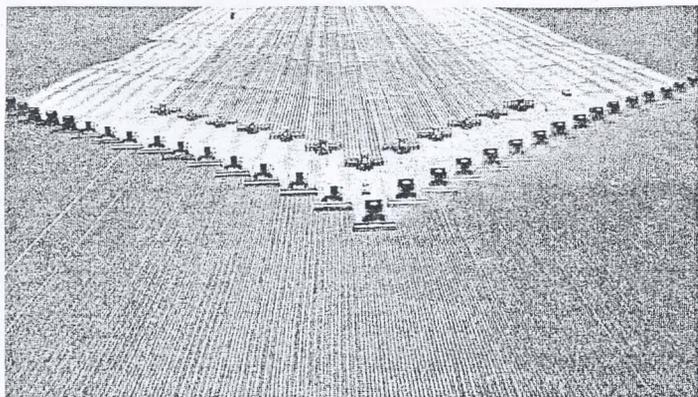


Figura 2. Colheita de soja, safra principal, e sementeira de soja, safrinha, conduzidas sob sistema plantio direto, na região dos Cerrados brasileiro.

Nas regiões de clima temperado e subtropical do país, em que a distribuição anual de chuvas permite o uso agrícola da terra em todos os meses do ano, há períodos de entressafra muito longos com potencial para aumentar o número de safras agrícolas comerciais ou intensificar o cultivo de espécies promotoras da fertilidade integral do solo, na tentativa de reduzir perdas promovidas pela mineralização dos resíduos culturais e de reproduzir no agroecossistema o equilíbrio dinâmico observado no ecossistema. A viabilização dessas opções está gerando demandas para a pesquisa pertinente ao melhoramento genético vegetal, fundamentalmente orientada à criação de cultivares de espécies destinadas à promoção da fertilidade integral do solo com características de cultura de inserção, ou seja, diversidade de cultivares para variadas épocas de sementeira e ciclo, com potencial para integrar modelos de produção nos períodos de entressafra das espécies comerciais. Um cenário para essa demanda é a carência de espécies/cultivares adaptadas para ocupar os períodos entre a colheita de milho, em fevereiro-março, e a sementeira de trigo, em maio-julho, e a colheita de soja, em março, e a sementeira de trigo, em junho-julho. Atualmente, há indicações técnicas para a sementeira da cultura de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) nesse período, praticamente suprimindo o tempo de entressafra, mas sem a disponibilidade de cultivares melhoradas para especificidades que permitam otimizar o modelo de produção. Sementes dessa espécie, ofertadas no mercado sem nenhuma distinção varietal, são, indiscriminadamente, indicadas tanto para ser semeadas nesse período de 60 a 90 dias – março a junho –, como para ser semeadas como cultura opcional de inverno – abril a julho; abril a agosto; abril a setembro; e abril a outubro. Indubitavelmente, tanto os cereais de inverno como a soja, o milho, o sorgo etc., poderão ser altamente beneficiados por espécies melhoradas, para especificidades desejadas, e cultivadas nas entressafras como culturas precursoras, sem prejudicar o calendário agrícola das espécies comerciais. Nesse sentido, a cultura de nabo forrageiro, mesmo sem melhoramento genético, tem assumido certa relevância no sistema agrícola produtivo pela ponte de nitrogênio que forma entre a safra de verão e a safra de inverno ou mesmo entre duas safras de verão em seqüência. Resumidamente, essa ponte de nitrogênio corresponde ao processo de a cultura de nabo forrageiro incorporar na fitomassa o nitrogênio mineralizado dos restos culturais das culturas de verão e disponibilizá-lo, em taxa adequada, aos cereais de inverno cultivados em seqüência ou mesmo à subsequente cultura de verão.

Mais uma demanda para o melhoramento genético de plantas é ilustrada pelas tradicionais espécies utilizadas como adubos verdes: mucuna preta (*Mucuna aterrina*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea*), guandu (*Cajanus cajan*), lab-lab (*Dolichos lab lab*) entre outras. Essas espécies, de indiscutível potencial para a promoção da fertilidade integral do solo, são culturas típicas de verão, com época de sementeira restrita aos meses de setembro a janeiro. Esse comportamento relativo à época de sementeira, indubitavelmente, tem limitado a utilização dessas

espécies como adubo verde ou como plantas de cobertura, pois esse período ideal de cultivo é preferencialmente destinado às espécies comerciais. A indução de comportamento multissazonal a essas espécies, transformando-as em culturas de inserção mediante a criação de cultivares adaptadas para semeadura nas entressafras das culturas comerciais, representaria uma tecnologia de potencial inestimável para a otimização de sistemas agrícolas produtivos.

A cultura do milheto, por suas características de rusticidade e de elevada produção de fitomassa, tanto da parte aérea como de raízes, mesmo sem melhoramento genético orientado, viabilizou a adoção e a expansão do sistema plantio direto na região do Cerrado brasileiro. Na atualidade, cultivares de *Brachiaria*, implantadas em semeadura simultânea ou em sobresemeadura à cultura de soja e de milho, estão substituindo o milheto, nessa região do país. A vantagem substitutiva está reservada à característica da *Brachiaria* em sobreviver ao período sem chuvas – maio a setembro –, dispensando nova semeadura, como requerida pela cultura do milheto e, fundamentalmente, suprimindo os períodos de entressafra.

É inquestionável que a flexibilização de modelos de produção, a otimização de sistemas agrícolas produtivos e a sustentabilidade de agroecossistemas são diretrizes, fundamentalmente, dependentes de tecnologia de produto gerada pelo melhoramento genético vegetal com enfoque de abrangência holística e sistêmica, muito além da tradicional individualização de espécie trabalhada. As crescentes demandas pelos produtos gerados pela agricultura não permitem os longos períodos de pousio das terras praticado no passado, com o objetivo de a vegetação espontânea recuperar a fertilidade integral do solo. O melhoramento genético vegetal, além de criar cultivares de espécies comerciais com maior flexibilidade à época de cultivo, apresenta potencial para criar cultivares de espécies de inserção, possivelmente, mais ativas que a vegetação espontânea, ocorrente nos pousios de longa duração, na promoção da fertilidade integral do solo. Esse direcionamento da pesquisa em melhoramento genético de plantas, de forma similar ao novo enfoque abordado pela agricultura conservacionista, poderá se constituir, no âmbito da relação agricultura/ambiência, como mais um notável progresso do desenvolvimento e da modernização da agricultura. Embora os exemplos explicitados demonstrem resultados revolucionários ao agronegócio e à ambiência, e, em parte, expliquem os incrementos de produção de grãos experimentados pelo Brasil nos últimos anos, indubitavelmente, quantificar o potencial de novas contribuições reservadas ao melhoramento genético vegetal, como ferramenta para a otimização de sistemas agrícolas produtivos e o desenvolvimento da sustentabilidade de agroecossistemas, é inimaginável.

#### Orlando Pereira de Godoy Neto – CAT Pirassununga

Aí entra outro detalhe que o Fancelli também falou aqui inicialmente. Acho que é a questão da agricultura paulista ter muitos produtores refratários à tecnologia. Essa foi a palavra que ele usou.

No primeiro plano da foto, campo do agricultor que adota tecnologia, no segundo plano, terreno dos que não adotam. Por quê? Porque não querem. A experiência está ali do lado. Há um rio de divisa. Conseguimos observar o lado de lá. Será que ele não consegue observar o lado de cá? A distância é de cerca de 500 m de um lado para o outro e ali é um caminho de diferença.