

## Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca



ISSN 1516-781X

Novembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Embrapa Soja*

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **Documentos 314**

### **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**

*Julio Cezar Franchini*

*Henrique Debiasi*

*Antonio Sacoman*

*Alexandre Lima Nepomuceno*

*José Renato Bouças Farias*

Embrapa Soja

Londrina, PR

2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Soja**

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231 - 86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6000 - Fax: 3371-6100

Home page: [www.cnpso.embrapa.br](http://www.cnpso.embrapa.br)

e-mail (sac): [sac@cnpso.embrapa.br](mailto:sac@cnpso.embrapa.br)

**Comitê de Publicações da Embrapa Soja**

**Presidente:** *José Renato Bouças Farias*

**Secretária executiva:** *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

**Coordenador de Editoração:** *Odilon Ferreira Saraiva*

**Bibliotecário:** *Ademir Benedito Alves de Lima*

**Membros:** *Claudine Dinali Santos Seixas, Francismar Corrêa Marcelino, Ivan Carlos Corso, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mariângela Hungria da Cunha, Norman Neumaier, Sergio Luiz Gonçalves, Vanoli Fronza*

**Supervisor Editorial:** *Odilon Ferreira Saraiva*

**Normalização bibliográfica:** *Ademir Benedito Alves de Lima*

**Editoração eletrônica:** *Willian Beraldo*

**Capa:** *Marisa Yuri Horikawa*

**1ª edição**

1ª impressão (2009): tiragem 1000 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Soja**

---

Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca  
/ Julio Cezar Franchini... [et al.]. – Londrina: Embrapa Soja, 2009.  
39 p. - - (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.314)

1. Manejo solo-Soja. I. Franchini, J.C. II. Debiasi, H. III. Sacoman,  
A. IV. Nepomuceno, A.L. V. Farias, J.R.B. VI. Título. VII. Série.

CDD. 631.43

# **Autores**

## **Julio Cezar Franchini**

Engenheiro Agrônomo, Dr.  
Manejo do solo e da cultura  
Embrapa Soja  
Cx. Postal 231  
86001-970 Londrina PR  
Fone: 43 33716233  
franchin@cnpso.embrapa.br

## **Henrique Debiasi**

Engenheiro Agrônomo, Dr.  
Manejo do solo e da cultura  
Embrapa Soja  
Cx. Postal 231  
86001-970 Londrina PR  
Fone: 43 33716217  
debiasi@cnpso.embrapa.br

## **Antonio Sacoman**

Engenheiro Agrônomo  
Cocamar Cooperativa Agroindustrial - Depto. Técnico  
Estrada Oswaldo de Moraes Corrêa, 1000 - Lote 11  
Zona 41  
CEP 87065-590 - Maringá PR  
Fone: 44 32213224  
antonio.sacoman@cocamar.com.br

**Alexandre Lima Nepomuceno**

Engenheiro Agrônomo, Dr.

Ecofisiologia

Embrapa Soja

Cx. Postal 231

86001-970 Londrina PR

Fone: 43 33716218

nepo@cnpso.embrapa.br

**José Renato Bouças Farias**

Engenheiro Agrônomo, Dr.

Ecofisiologia

Embrapa Soja

Cx. Postal 231

86001-970 Londrina PR

Fone: 43 33716005

jrenato@cnpso.embrapa.br

# Apresentação

Nesse documento são apresentados e discutidos os resultados de pesquisa referentes ao manejo do solo e da cultura da soja, obtidos em condições experimentais na Embrapa Soja e em condições de lavoura em unidades de referência tecnológica conduzidas pela Embrapa Soja e pela Cooperativa Cocamar.

Tais informações serão úteis para subsidiar decisões a serem tomadas em nível de produtor, para minimizar os efeitos da seca na sustentabilidade de produção de culturas produtoras de grãos, como as da soja e do milho, e de pastagens com espécies forrageiras tropicais.

A Embrapa Soja considera que as informações disponibilizadas contribuirão para reduzir as perdas de produtividade associadas à ocorrência de períodos de seca, o que tem se tornado cada vez mais comum no Estado do Paraná.

*José Renato Bouças Farias*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Embrapa Soja



# Sumário

Resumo .....	9
Abstract .....	10
1 Introdução .....	11
2 Princípios para o manejo adequado do solo .....	13
3 O tempo de adoção como fator de sucesso para o plantio direto .....	15
4 A adoção do plantio direto não dispensa o terraceamento e a semeadura em nível .....	17
5 Época de semeadura, ciclo de cultivares e sistema de culturas .....	19
6 Manejo da compactação do solo .....	20
7 Consequências da compactação do solo para o sistema produtivo .....	21
8 Alternativas de manejo do solo e das culturas visando à qualidade no plantio direto .....	23
9 Cobertura do solo e persistência da palhada no campo .....	24
10 Melhoria da qualidade física do solo por meio da rotação de culturas .....	29
11 Aprofundamento do sistema radicular da soja .....	33
12 Estabilidade de produção sob condições de seca .....	35
13 Uso de cultivares de soja com maior enraizamento .....	37
14 Referências .....	39
15 Agradecimentos .....	39



## Resumo

O plantio direto tem sido amplamente adotado no Brasil, contribuindo para a preservação ambiental e a sustentabilidade da produção agrícola. Os principais benefícios do sistema são a manutenção da cobertura do solo, a preservação ou aumento do teor de matéria orgânica e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além dos benefícios do plantio direto, o crescimento do sistema radicular tem grande importância para o aumento do reservatório de água disponível durante os períodos de estresse hídrico, cada vez mais frequentes durante o ciclo de produção das culturas de verão. No plantio direto, a rotação de culturas com espécies comerciais, como o milho e/ou com plantas de cobertura do solo, também tem sido indicada como forma de melhorar a qualidade do solo e permitir maior armazenamento de água e desenvolvimento do sistema radicular da soja. Esse efeito pode ser atribuído a maior produção de resíduos vegetais e raízes por diferentes espécies no sistema de rotação de culturas, melhorando a estrutura e a capacidade de armazenamento de água do solo, o que aumenta a eficiência de seu uso. Dentro desse contexto, o emprego de forrageiras tropicais em sistemas de integração lavoura-pecuária, constitui-se em uma excelente opção para a produção de palha e raízes e, dessa forma, melhorar a eficiência de uso de água. Em complemento a práticas de manejo do solo, a eficiência de uso da água pode ser aumentada com o uso de cultivares de soja que naturalmente apresentem maior potencial de desenvolvimento do sistema radicular. Além disso, o produtor, em conjunto com a assistência técnica, deve elaborar e executar um planejamento adequado do sistema de produção, de modo que o mesmo contemple o escalonamento de cultivares e épocas de semeadura, obedecendo ao zoneamento agrícola de riscos climáticos.

## Abstract

No-tillage has been widely adopted in Brazil, contributing to environmental preservation and crop production sustainability. The major benefits of no-tillage system include maintenance of soil coverage, preservation/increase of soil organic matter content and improvement of physical, chemical and biological soil properties. In addition, a better root system development plays a key role to increase the water reservoir available in the soil during drought periods. Events that are becoming more frequent during summer crops growing season. Also, crop rotation with commercial species, as corn, and/or cover crops, has been pointed out, in no-tillage systems, as a way to enhance soil quality, water holding capacity and soybean root development. This effect can be attributed to a greater residues production by different species in the crop rotation system, enhancing soil structure and water holding capacity and, consequently, improving water use efficiency. In this sense, the use of tropical forages in crop-livestock systems can be an excellent option to produce organic residues in order to improve plants water use efficiency. Furthermore, to soil management practices, water efficiency use can be raised throughout the use of soybean varieties with stronger root growth. Additionally, farmers and technical assistance must elaborate and perform an adequate crop system planning, comprising soybean varieties with different cycles and sowing dates, obeying the agronomical climatic risk zoning.

# Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca

---

*Julio Cezar Franchini*

*Henrique Debiasi*

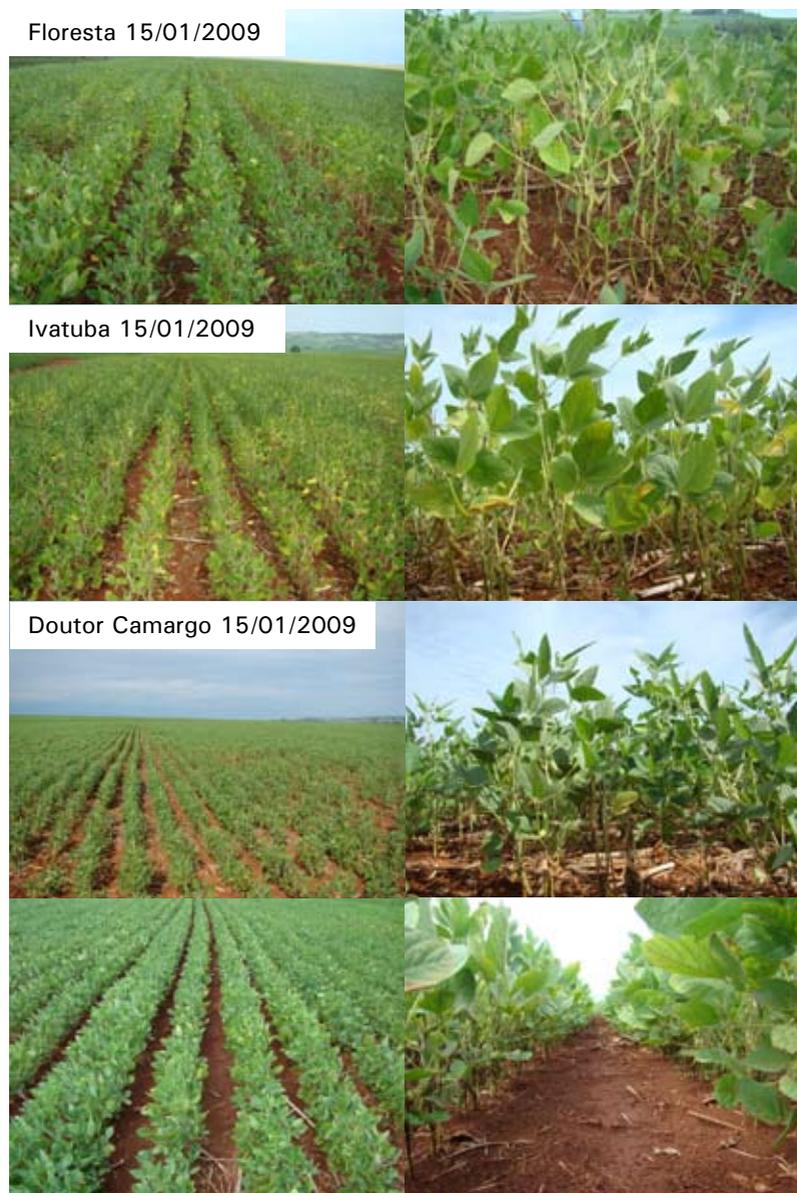
*Antonio Sacoman*

*Alexandre Lima Nepomuceno*

*Jose Renato Bouças Farias*

## 1 Introdução

A ocorrência de períodos prolongados sem chuva durante o verão, conhecidos como veranicos, tem se tornado cada vez mais comum nas últimas safras. No Paraná, foram observadas perdas de produtividade da soja devido à seca em quatro das seis últimas safras, resultando em uma quebra acumulada de quase 11 milhões de toneladas ou, em termos financeiros, de US\$ 4 bilhões. A safra 2008/2009 é o exemplo mais recente disso, com a ocorrência de um período sem chuvas de até 45 dias durante os meses de novembro e dezembro, principalmente nas Regiões Norte e Oeste do Estado do Paraná. Nessas regiões, ocorreram perdas de produtividade da soja de até 80% em relação à produtividade média da região. Na microrregião de Maringá, por exemplo, a produtividade média da soja foi de apenas 30 sacas/ha, o que representa uma redução de, aproximadamente, 40% (Figura 1).



**Figura 1.** Comportamento da soja na safra 2008/2009 na Região Norte do Paraná após período de 45 dias sem chuva (10/11 a 25/12/2008). Nas áreas com baixa quantidade de palha para cobertura do solo, as perdas de produtividade chegaram a 80%.

Cabe destacar que os prejuízos ocasionados pelos veranicos não se restringem apenas aos sojicultores, mas se estendem a toda a economia regional, que depende essencialmente da produção agrícola.

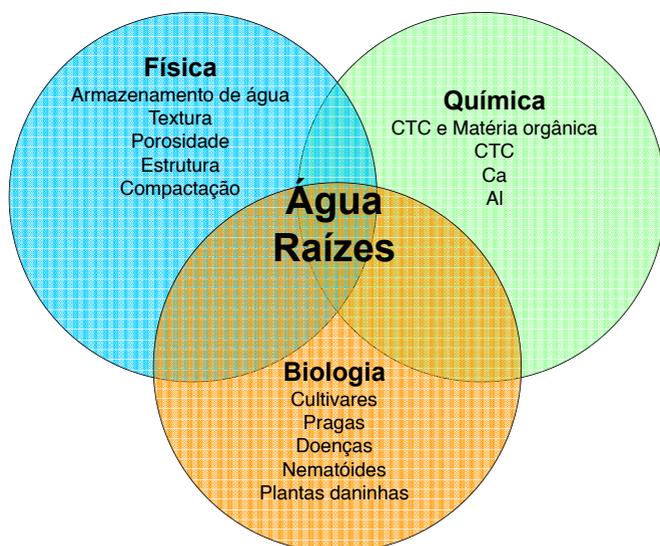
Não restam dúvidas de que os prejuízos decorrentes da seca poderiam ser sensivelmente reduzidos através da adoção de um manejo adequado do solo e da cultura. Assim, esse trabalho se propõe a abordar e discutir algumas práticas de manejo do solo e da cultura que, se adotadas em sua plenitude, podem aumentar a eficiência de uso da água pela soja e, assim, diminuir os impactos negativos da seca sobre a produtividade da cultura.

## **2 Princípios para o manejo adequado do solo**

Sob o ponto de vista do manejo do solo, qualquer estratégia que vise minimizar as perdas de produtividade da soja relacionadas à seca deve atender aos seguintes requisitos:

- 1) aumentar o volume de água armazenada no solo disponível às plantas, através da redução das perdas de água que ocorrem por evaporação e do aumento na capacidade de infiltração de água no solo; e/ou:
- 2) proporcionar condições adequadas às plantas para que elas possam desenvolver raízes profundas, de forma que o reservatório de água não fique limitado à camada superficial do solo (0-20 cm).

O diagrama da Figura 2 resume as interações existentes entre fatores químicos, físicos e biológicos que podem resultar na restrição ao desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, no reservatório de água para as plantas.

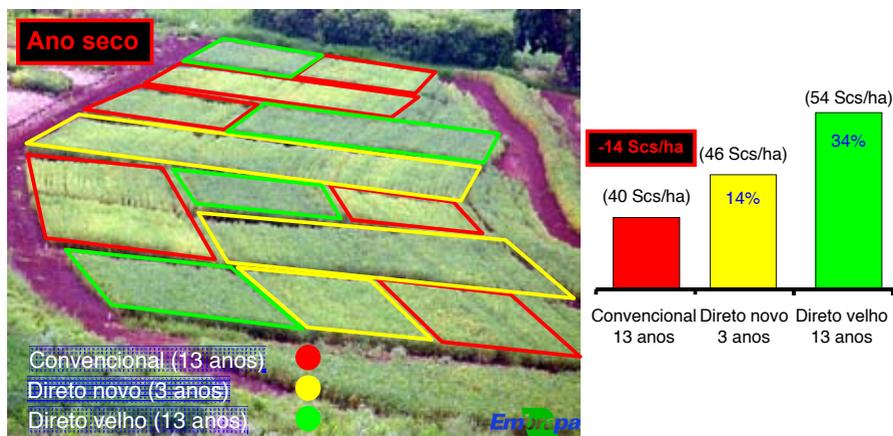


**Figura 2.** Inter-relação entre fatores químicos, físicos e biológicos com o desenvolvimento de raízes e o reservatório de água disponível para as plantas.

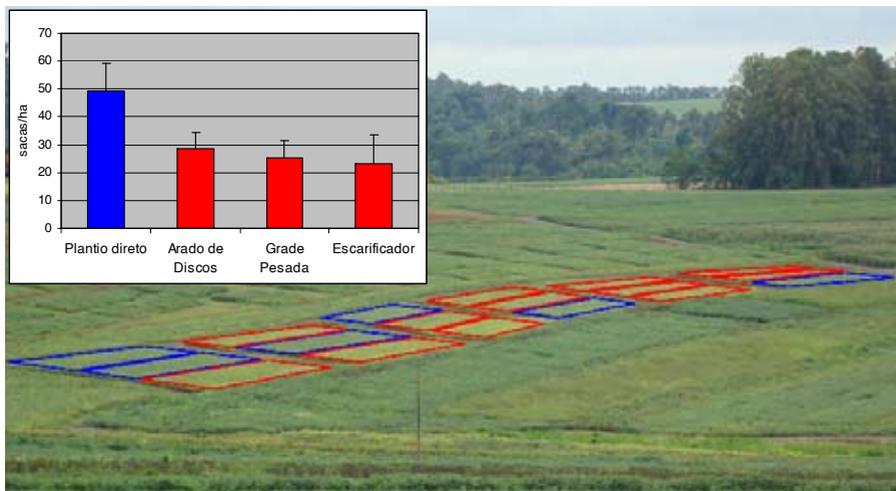
O sistema de plantio direto (SPD), desde que manejado segundo seus princípios básicos (mínimo revolvimento, manutenção do solo permanentemente coberto e rotação de culturas), constitui-se em uma tecnologia capaz de atender a esses dois requisitos. No SPD, a manutenção da cobertura do solo diminui as perdas de água por evaporação, devido à barreira física formada e à redução da temperatura do solo, e por escoamento superficial, em virtude do aumento da capacidade de infiltração de água associada à proteção da superfície do solo contra o impacto da gota de chuva, o que evita a formação de crostas superficiais. Do mesmo modo, o aumento do teor de matéria orgânica do solo (MOS), associado à menor intensidade de revolvimento, melhora substancialmente a estrutura do solo, o que favorece o desenvolvimento radicular da soja e, assim, aumenta o tamanho do reservatório de água disponível. Além disso, as melhorias na estrutura do solo, proporcionadas pelo SPD, aumentam a infiltração e retenção de água do solo, favorecendo ainda os fluxos ascendentes de água das camadas mais profundas até as camadas mais superficiais, onde se encontra a maior parte do sistema radicular da soja.

### **3 O tempo de adoção como fator de sucesso para o plantio direto**

Estudos de longo prazo desenvolvidos pela Embrapa Soja têm demonstrado que, durante as primeiras quatro safras após a adoção do SPD, a produtividade da soja nesse sistema é similar ou pouco inferior à obtida no preparo convencional (PC). A partir do quinto ano, quando o sistema atinge a maturidade e se consolida, a produtividade da soja é sempre maior no SPD do que no PC. Tal fato é comprovado pela Figura 3, onde se observa que, nas áreas manejadas sob PC ou SPD “novo” (três anos), a produtividade da soja foi inferior ao SPD “velho” (treze anos). As plantas de soja nas parcelas sob PC (retângulos vermelhos) ou SPD “novo” (retângulos amarelos) visivelmente tiveram seu ciclo reduzido quando comparadas ao SPD “velho” (retângulos verdes), indicando maior sensibilidade à falta de água. O mesmo comportamento é observado na Figura 4, que mostra que, na safra 2008/09, a soja encurtou o ciclo e produziu sensivelmente menos nos sistemas de preparo que promoveram algum nível de revolvimento do solo (retângulos vermelhos) comparativamente ao SPD (retângulos azuis). As Figuras 3 e 4 evidenciam outro aspecto bastante importante: os benefícios do SPD, em termos de produtividade da soja, são maiores em anos caracterizados por períodos de deficiência hídrica. Isso comprova que o SPD, quando adotado em sua plenitude, aumenta a eficiência de uso da água pela soja, conferindo estabilidade à produção dessa oleaginosa frente à ocorrência de secas.



**Figura 3.** Comportamento da soja em diferentes sistemas de manejo do solo em Londrina, no Norte do Paraná (Safrá 2006/2007). Quanto maior o tempo de uso do plantio direto, melhor foi o aproveitamento de água pela cultura, com reflexos diretos na produtividade.



**Figura 4.** Experimento de manejo do solo iniciado em 1981 onde se observa o comportamento da soja (BRS 184) na safrá 2008/2009. As áreas em vermelho representam sistemas de manejo que apresentam algum nível de revolvimento do solo (arado de discos, grade pesada, ou escarificação), enquanto que as áreas em azul representam o plantio direto contínuo. O revolvimento do solo, mesmo através da escarificação, proporcionou redução de produtividade em relação ao plantio direto contínuo.

#### **4 A adoção do plantio direto não dispensa o terraceamento e a semeadura em nível**

É fato bastante conhecido que o SPD, desde que bem conduzido, contribui para reduzir as perdas de água por escoamento superficial. No entanto, no Paraná é comum a ocorrência de chuvas cuja intensidade ultrapassa a capacidade de infiltração de água do solo mesmo sob SPD (Figuras 5, 6 e 7). Desse modo, o terraceamento continua sendo uma medida de fundamental importância para minimizar as perdas de água por escoamento superficial e, assim, aumentar a infiltração e o volume de água armazenado no solo. A água retida nos terraços (Figura 5) infiltra no solo e se redistribui no interior do mesmo, ficando disponível às plantas. Uma prática que tem se tornado bastante comum no Paraná é o cultivo da soja morro abaixo (Figuras 7 e 8), sob a alegação de que esse procedimento diminui os custos com insumos e combustíveis e economiza tempo, principalmente em áreas estreitas. No entanto, a realização de todas as operações mecanizadas no sentido do declive facilita os processos erosivos, aumentando as perdas de água por escoamento superficial.



**Figura 5.** Mesmo no sistema de plantio direto, chuvas de alta intensidade podem ultrapassar a capacidade de infiltração de água do solo, resultando em escoamento superficial. Por isso, o sistema de plantio direto não elimina a necessidade de utilização de barreiras mecânicas de controle da enxurrada, como o terraceamento. A água retida nos terraços infiltra e se redistribui no solo, ficando disponível às plantas.



**Figura 6.** Erosão hídrica em lavoura conduzida sob plantio direto, na Região Norte do Paraná. O manejo inadequado do plantio direto, resultando na baixa cobertura do solo e na formação de camadas compactadas, associado à falta de manutenção nos terraços, tem intensificado os processos erosivos e reduzido o armazenamento de água no solo. Foto: Antonio Bodnar, EMATER/PR.



**Figura 7.** Erosão hídrica em lavoura manejada sob plantio direto, na Região Norte do Paraná. O tráfego de máquinas agrícolas, quando realizado morro abaixo, por exemplo, numa operação de pulverização, forma regiões que se constituem em caminhos preferenciais que facilitam o escoamento superficial de água. Foto: Nelson Harger, EMATER/PR.



**Figura 8.** Lavoura de trigo implantada morro abaixo, em Arapongas/PR. Esse procedimento tem se tornado comum no Paraná, sob a alegação que resulta na economia de insumos, combustível e tempo. No entanto, o cultivo morro abaixo favorece a erosão hídrica e as perdas de água por escoamento superficial.

## 5 Época de semeadura, ciclo de cultivares e sistema de culturas

Dados levantados pela EMATER/PR na última safra mostram que aproximadamente 90% da área de soja no Paraná é manejada sob SPD (Bublitz, 2009). Então, por que as perdas de produtividade da soja em virtude da seca no Paraná têm sido tão grandes, chegando a 80% em algumas regiões na safra 2008/09, levando-se em consideração os benefícios do SPD em termos de eficiência do uso da água?

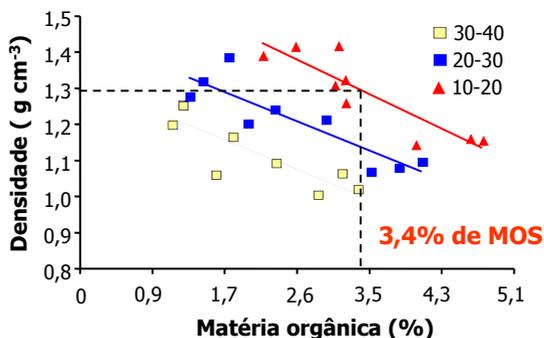
Neste sentido, vários fatores associados ao manejo do solo e da cultura contribuíram para que a falta de chuvas provocassem perdas tão acentuadas de produtividade na safra 2008/09. Entre eles, destaca-se o uso generalizado de cultivares de soja de ciclo precoce, semeadas no início de outubro, o que fez com que as fases críticas de florescimento e enchimento de grãos coincidisse com o período de ausência de chuvas em novembro e dezembro. O escalonamento da semeadura e o uso

de cultivares com diferentes ciclos são práticas simples para reduzir os riscos associados à ocorrência de secas, mas que têm caído em desuso devido à predominância do sistema de produção envolvendo a soja e o milho safrinha, que exige o plantio de cultivares precoces no início de outubro para permitir o plantio do milho em fevereiro e março.

O sistema milho safrinha/soja também tem conduzido a uma redução da qualidade do solo. Essa afirmação apoia-se, entre outros fatores, na baixa cobertura de solo proporcionada pelos resíduos do milho, o que, além de aumentar a suscetibilidade do solo à erosão hídrica e as perdas de água por evaporação e escoamento superficial durante o ciclo da soja, reduz o teor de MOS. O problema é agravado devido ao uso de grade niveladora para picar a palha do milho antes do plantio da soja, o que é bastante comum no Paraná.

## **6 Manejo da compactação do solo**

O revolvimento superficial com grade niveladora aparentemente causa pouco efeito no solo, mas na prática acelera o processo de decomposição da palhada de milho e, em consequência, também diminui o teor de MOS. A redução no teor de MOS resulta na formação de camadas compactadas de solo no SPD, particularmente a 0,1-0,2 m de profundidade, o que é comprovado pela Figura 9. Segundo essa Figura, à medida que o teor de MOS decresce, o grau de compactação do solo aumenta. Considerando a camada de 0,1-0,2 m de profundidade, um teor de MOS equivalente a 3,4% seria suficiente para que a densidade do solo ficasse abaixo de  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ , valor esse considerado como sendo crítico à cultura da soja, nos Latossolos derivados do basalto. Outro problema associado ao sistema soja/milho safrinha é a necessidade de se colher a soja e plantar o milho sob condições muitas vezes inadequadas de umidade do solo, já que os meses de fevereiro e março estão entre os mais chuvosos do ano, o que também contribui para a formação de camadas compactadas de solo.



**Figura 9.** Relação entre a densidade e o teor de matéria orgânica do solo em áreas agrícolas na Região Norte do Paraná. Embrapa Soja/Emater, 2006.

## 7 Consequências da compactação do solo para o sistema produtivo

A compactação do solo no SPD, que ocorre em áreas mal manejadas, como aquelas exploradas sob o binômio milho safrinha/soja, é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da suscetibilidade da soja a perdas de produtividade em função da ocorrência de períodos de deficiência hídrica. Em primeiro lugar, camadas compactadas restringem o desenvolvimento radicular da soja à superfície do solo (Figura 10). Isso diminui o volume de solo explorado pelas raízes em busca de água e nutrientes o que, em termos práticos, significa que o tamanho do reservatório de água disponível às plantas de soja é substancialmente reduzido. Em média, um solo argiloso é capaz de reter 18% (v/v) de água. Tendo por base esse dado, pode-se inferir que a existência de uma camada compactada que confine o desenvolvimento radicular da soja a 20 cm de profundidade limita o volume de água disponível ao valor de 36 mm, o que atenderia à demanda hídrica da cultura no estágio do florescimento por cinco dias. Em um solo sem impedimento mecânico, onde as raízes da soja explorem de modo efetivo uma camada de 60 cm de profundidade, o volume de água disponível à planta equivaleria a 108 mm, quantidade suficiente para suprir a demanda hídrica da soja durante o florescimento por duas semanas.



**Figura 10.** Sistema radicular da soja em solo compactado na Região Norte do Paraná. Sob condições de elevada resistência do solo, o sistema radicular se propaga horizontalmente, reduzindo o reservatório de água disponível. Embrapa Soja, 2009.

Além de afetar negativamente o desenvolvimento radicular da soja, a compactação reduz a capacidade de infiltração de água no solo aumentando, deste modo, o volume de água perdido por escoamento superficial. Estudos realizados em solo compactado sob o SPD, mostram que as perdas de água por escoamento superficial podem chegar a 70%, considerando uma chuva de 64 mm/h (Volk, 2006). Isso significa que, dos 64 mm de chuva, 45 mm podem ser perdidos por escoamento superficial em um solo fisicamente degradado. Esse valor corresponde a quantidade de água consumida por uma lavoura de soja em florescimento pleno durante um período aproximado de uma semana.

Associado ao processo de compactação do solo, a ausência de rotação de culturas tem proporcionado o aumento na incidência de doenças radiculares, o que também contribui para redução da capacidade da planta tolerar os períodos de estresse hídrico devido à restrição do reservatório de água disponível. É importante considerar ainda que sistemas de produção de soja caracterizados por uma baixa cobertura do solo, como no caso da sucessão soja/milho safrinha, favorecem a infestação por plantas daninhas, como a buva (Figura 11), que competem com a soja pela água, aumentando a suscetibilidade a perdas de produtividade por seca.



**Figura 11.** Presença de buva (*Conyza* sp.) em áreas sob resteva de milho safrinha (à esquerda) e trigo (à direita). Apesar de produzir cerca de 5 t/ha de palha, o milho safrinha não proporciona uma cobertura do solo satisfatória, favorecendo o estabelecimento de elevadas populações de plantas daninhas, como a buva, cujo controle tem sido bastante difícil e oneroso. Foto: Fernando S. Adegas (Embrapa Soja).

## 8 Alternativas de manejo do solo e das culturas visando à qualidade no plantio direto

O modelo de sistema produtivo utilizado principalmente nas Regiões Norte e Oeste do Estado do Paraná, baseado na sucessão soja/milho safrinha tem contribuído para o aumento da vulnerabilidade da agricultura às condições de estresse hídrico. A intenção dessa afirmação não é, de forma alguma, condenar o cultivo do milho como segunda safra em sucessão à soja. Não há como negar que o milho safrinha, apesar dos maiores riscos de produção devido às condições climáticas menos favoráveis ao seu desenvolvimento no outono-inverno, constitui-se em uma boa alternativa para intensificar o sistema de produção de soja e, assim, gerar renda ao produtor. No entanto, é preciso que o milho safrinha divida espaço na propriedade com outras culturas, dentro de um sistema de rotação de culturas, de modo a conferir sustentabilidade à produção de soja.

Diante disso, o aumento da estabilidade da produção de soja face à ocorrência de períodos de deficiência hídrica requer o uso de sistemas de rotação de culturas que contemplem a implantação de espécies de plantas com grande capacidade de produção de fitomassa e caracterizadas por um sistema radicular abundante e agressivo. Porém, espécies tradicionais de cobertura de solo, como a aveia preta, a ervilhaca e o nabo forrageiro não têm apresentado um desempenho satisfatório em regiões com invernos secos e quentes, que incluem as áreas de transição climática (Norte e Oeste do Paraná, Sudoeste de São Paulo e Sul de Mato Grosso do Sul). Nesse contexto, forrageiras tropicais perenes, como as pertencentes aos gêneros *Brachiaria* spp. e *Panicum* spp., têm sido indicadas como opção para a cobertura do solo em plantio direto. Existem basicamente duas formas através das quais as forrageiras tropicais podem ser incluídas em um sistema de produção de grãos manejado sob SPD. Uma delas corresponde à utilização de sistemas mistos de integração lavoura-pecuária, onde são alternados, em uma mesma área, cultivos de lavoura e pastagens, por períodos superiores a um ano. Na outra opção, as forrageiras tropicais são semeadas após as lavouras de verão, permanecendo na área durante o outono-inverno. Na primavera, elas são dessecadas e a área é usada para a produção de grãos no verão. Nesse caso, as forrageiras tropicais perenes são tratadas como sendo de ciclo anual, podendo, no entanto, ser utilizadas para pastejo. Além disso, podem ser implantadas em cultivo solteiro (Figura 12) ou consorciadas às culturas de grãos usadas na safrinha, como o milho (Figuras 13 e 14) e o sorgo.

## 9 Cobertura do solo e persistência da palhada no campo

Na Figura 15, pode-se observar a diferença de cobertura proporcionada pela palha do milho safrinha em relação à palha de *Brachiaria ruziziensis*. De forma geral, tem sido observado que, no momento do plantio da soja, em áreas onde a cultura antecedente foi o milho safrinha, a quantidade de palhada na superfície não ultrapassa 5 t/ha. Por outro lado, com *Brachiaria ruziziensis* ou *B. brizantha*, esse valor pode chegar a 8 t/ha, o que proporciona uma cobertura da superfície próxima a 100% (Figuras 16 e 17).



**Figura 12.** Módulo ocupado por *Brachiaria ruziziensis*, em cultivo solteiro, junto à Unidade de Referência Tecnológica de Maringá/PR. Foto tirada em 27/08/2008. Nessa área, a braquiária foi manejada como uma espécie anual, sendo semeada logo após a colheita da soja e dessecada no final de setembro.



**Figura 13.** Detalhe do consórcio milho safrinha + *Brachiaria ruziziensis*, implantado na Unidade de Referência Tecnológica em Maringá/PR. Foto tirada em 20/05/2008. Essas espécies foram implantadas simultaneamente, em uma única operação, utilizando a mesma semeadora empregada para a soja e intercalando uma linha de braquiária com uma linha de milho. Nas linhas de braquiária, utilizou-se disco perfurado para sorgo.



**Figura 14.** Colheita do milho em consórcio com *Brachiaria ruziziensis* na Região de Maringá, em agosto de 2008. Após a colheita do milho a braquiária, por ser uma cultura perene, continua seu desenvolvimento, aumentando a cobertura e melhorando as propriedades físicas do solo.



**Figura 15.** Unidade de Referência Tecnológica em Maringá/PR. Comparativo da cobertura do solo no plantio da soja em área de milho safrinha (acima) e *Brachiaria ruziziensis* (abaixo) (24/11/2008). Embrapa Soja/Cocamar, 2009.



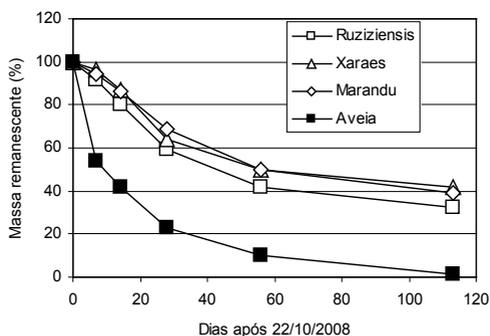
**Figura 16.** Detalhe da soja (BRS 245 RR) cultivada após *Brachiaria ruziziensis* na safra 2007/2008 na Unidade de Referência Tecnológica em Maringá/PR. Embrapa Soja/Cocamar, 2009. Notar a cobertura do solo e ausência de plantas daninhas.



**Figura 17.** Cobertura do solo no plantio da soja em área ocupada por pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraes durante dois anos (24/11/2008), em Unidade de Referência Tecnológica do Sistema de Integração Lavoura Pecuária, instalada em Jardim Olinda, Região Noroeste do Paraná. A cobertura do solo reduz o risco da produção de soja em solos arenosos, como os que ocorrem no Noroeste do Paraná (Arenito Caiuá), devido a maior conservação da umidade.

É importante considerar que a palha do milho proporciona uma cobertura menos efetiva do solo, tendo em vista que a maior parte dos resíduos é composta por colmos grossos, cuja distribuição na superfície do solo é desuniforme. Conforme já discutido, a cobertura do solo diminui as perdas de água por evaporação, preservando e/ou melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Isso garante um maior armazenamento de água disponível no solo e favorece o desenvolvimento radicular da soja, tornando-a, assim, menos suscetível à seca.

Outro aspecto interessante dos resíduos produzidos pelas forrageiras tropicais relaciona-se à persistência dos mesmos sobre o solo. Isso pode ser comprovado pelos dados de decomposição dos resíduos obtidos sob condições de campo durante a safra 2008/2009 (Figura 18). Após 120 dias de permanência da palhada no campo, as forrageiras tropicais ainda apresentavam 40% do material original, enquanto no caso da aveia esse valor era de apenas 2% (Figura 18). Esse efeito pode ser comprovado visualmente na figura 19. Mesmo decorridos cerca de nove meses após a dessecação, os resíduos da *Brachiaria ruziziensis* continuaram proporcionando uma boa cobertura do solo. Por outro lado, a palha produzida pelo consórcio aveia preta + nabo forrageiro já foi decomposta quase em sua totalidade, restando apenas parte dos resíduos da soja. A maior cobertura do solo, aliada às melhores condições físicas, químicas e biológicas do solo, conferiu ao milho safrinha implantado em 2009 no módulo ocupado por *B. ruziziensis* durante o inverno anterior (2008) um melhor desenvolvimento comparativamente àquele implantado sobre a área cultivada com aveia preta + nabo no inverno de 2008. Tal fato pode ser atribuído à maior eficiência de uso da água pelo milho safrinha, tendo em vista a ocorrência de seca durante o desenvolvimento da cultura no outono de 2009. Portanto, o uso de forrageiras tropicais beneficia não somente a soja, mas também o milho safrinha implantado em sequência.



**Figura 18.** Evolução da massa remanescente de resíduos de forrageiras tropicais (*Brachiaria ruziziensis*, *B. brizantha* cv. Xaraes e *B. brizantha* cv. Marandu) e aveia preta sob condições de campo em Londrina na safra 2008/2009. Os resíduos de forrageiras tropicais têm uma taxa de decomposição mais lenta durante o verão dando proteção ao solo por um período maior de tempo. Embrapa Soja, 2009.

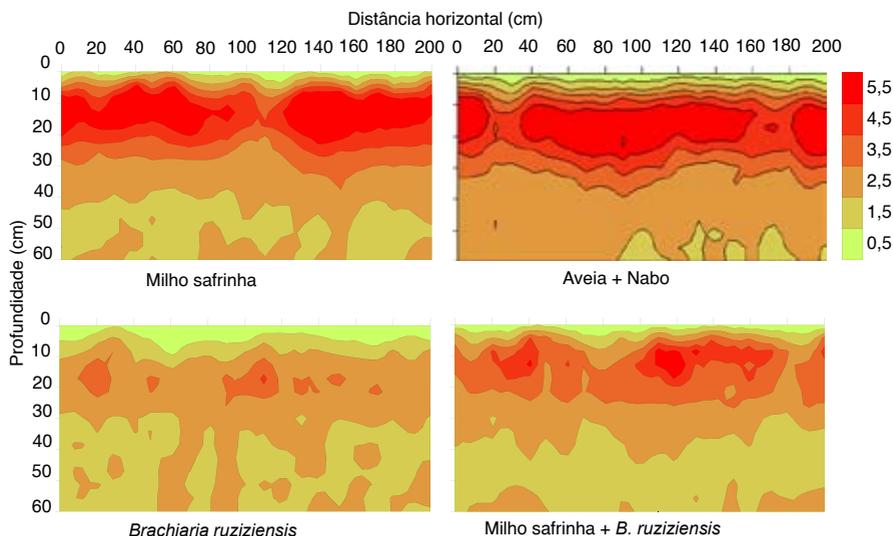


**Figura 19.** Comportamento do milho safrinha implantado em módulos ocupados por *Brachiaria ruziziensis* (acima) e pelo consórcio aveia preta + nabo forrageiro (abaixo), durante o inverno anterior (2008). Foto tirada em 15/07/2009. O milho safrinha apresenta um melhor desenvolvimento no módulo cultivado com *B. ruziziensis* no inverno de 2008, devido a maior cobertura do solo.

## 10 Melhoria da qualidade física do solo por meio da rotação de culturas

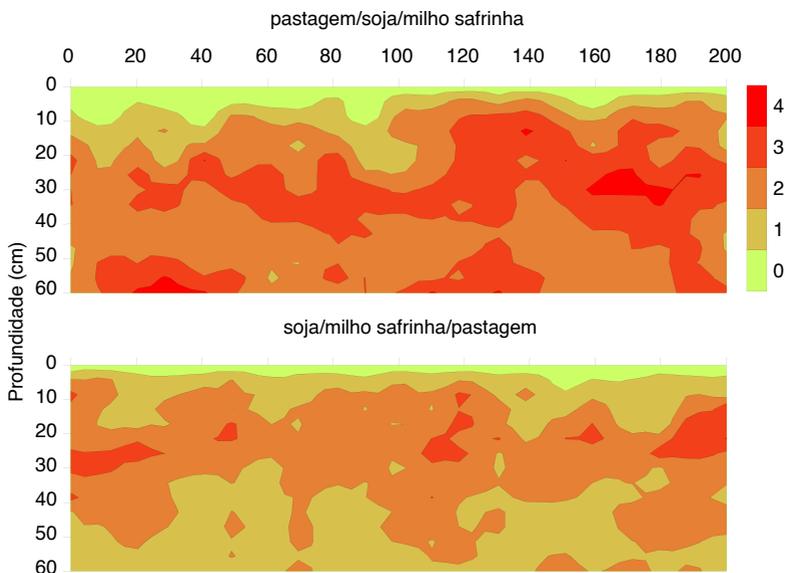
Além de aumentar a cobertura do solo, as forrageiras tropicais melhoram a estrutura do solo. Na Figura 20, observa-se claramente a formação de uma camada de solo compactada a 0,1-0,2 m de profundidade nos módulos ocupados por milho safrinha e pelo consórcio aveia preta + nabo forrageiro. Nesses tratamentos, a resistência do solo à penetração na camada de 0,1-0,2 m foi superior a 5,5 MPa, valor capaz de restringir de modo acentuado o desenvolvimento radicular da soja. O uso da *B. ruziziensis*, em cultivo solteiro, reduziu a resistência mecânica do solo à penetração em relação ao milho safrinha solteiro ou ao consórcio aveia preta + nabo forrageiro, a valores que não são limitantes à soja. O consórcio do milho safrinha com *B. ruziziensis* também contribuiu para reduzir a resistência do solo à penetração a valores que não são críticos ao

desenvolvimento radicular da soja, apesar desse efeito ter sido de menor intensidade em relação à braquiária solteira. É importante destacar que as leituras de resistência do solo à penetração foram realizadas sobre uma linha disposta transversalmente às linhas de milho e braquiária. Considerando que a primeira leitura foi sempre realizada sobre a linha de braquiária, e que o espaçamento entre as fileiras de milho foi de 90 cm, pode-se inferir que as regiões de menor resistência à penetração do solo na camada de 0,1-0,2 m, coincidiram exatamente com as linhas de braquiária. Isso comprova a capacidade que as raízes da *B. ruziziensis* apresentam em melhorar a estrutura do solo, rompendo camadas compactadas. Apesar da menor contribuição do consórcio milho + *B. ruziziensis* para a melhoria das condições físicas do solo, os resultados indicam que o consórcio é uma alternativa interessante para melhoria das condições físicas do solo, sem que seja necessária a retirada do milho do sistema produtivo.



**Figura 20.** Perfis de resistência do solo à penetração (MPa) em função de diferentes culturas de outono-inverno na Unidade de Referência Tecnológica de Maringá. Embrapa Soja/Cocamar, 2008.

Resultados similares aos anteriormente expostos foram obtidos em avaliação do estado de compactação do solo na Unidade de Referência Tecnológica em Integração Lavoura-Pecuária instalada em Jardim Olinda, Região Noroeste do Paraná (Figura 21). De acordo com essa figura, verifica-se que, após a dessecação de uma pastagem de *Brachiaria brizantha*, um ano da sucessão soja/milho safrinha resultou na formação de uma camada de solo compactada a 0,2-0,3 m de profundidade. Por outro lado, um ano de pastagem de *B. brizantha*, implantada após a sucessão soja/milho safrinha, foi suficiente para diminuir sensivelmente o grau de compactação do solo a 0,2-0,3 m, estimado pela resistência à penetração. Apesar da resistência do solo à penetração na área sob pastagem de *B. brizantha*, na camada de 0,0-0,1 m ser comparativamente maior àquela na área explorada com a sucessão soja/milho safrinha, o que reflete o efeito do pisoteio animal, o valor não é limitante ao crescimento das raízes da soja. Além disso, o uso de hastes sulcadoras (facões) durante a semeadura da soja pode eliminar facilmente esse problema.



**Figura 21.** URT de Jardim Olinda no Noroeste do Paraná. Alteração da resistência do solo a penetração em área de soja após um ano de implantação de pastagem com *Brachiaria brizantha*. A melhoria da estrutura do solo pela pastagem permitirá melhor desenvolvimento radicular da cultura da soja subsequente reduzindo o efeito de períodos de déficit hídrico prolongado.

Os resultados anteriormente descritos evidenciam que é possível descompactar camadas de solo, sem intervenção mecânica (por exemplo, através da escarificação do solo) e, deste modo, aumentar o desenvolvimento radicular e a disponibilidade hídrica para a soja. De fato, a escarificação (Figura 22), desde que bem executada, é capaz de aliviar a compactação do solo de maneira imediata. Porém, os efeitos dessa operação persistem por pouco tempo, em geral, por um ano ou menos. Isso ocorre porque a escarificação não ataca as causas da compactação do solo, mas somente os sintomas. Além disso, a escarificação nem sempre favorece o desenvolvimento das culturas. Tem sido relatadas, inclusive, quedas na produtividade de soja em áreas submetidas à escarificação, o que pode estar relacionado à diminuição da eficiência de utilização da água (Debiasi, 2008). Isso ocorre porque, em determinadas situações, particularmente em solos de textura média a arenosa, a escarificação pode resultar em um grau de compactação inferior ao considerado ótimo para as plantas. Quando isso ocorre, a capacidade de retenção de água, a condutividade hidráulica não saturada e o contato solo-raiz são reduzidos, prejudicando a absorção de água pelas plantas. Além disso, a escarificação mecânica, ao contrário dos efeitos gerados pelas raízes das plantas, resulta na quebra da continuidade dos poros, o que prejudica movimento de água das camadas mais profundas de solo para as camadas superficiais, onde a maior parte do sistema radicular se encontra, bem como desfavorece o fluxo de água do solo para as raízes.



**Figura 22.** A escarificação ataca os sintomas da compactação do solo, mas não as causas do problema.

## 11 Aprofundamento do sistema radicular da soja

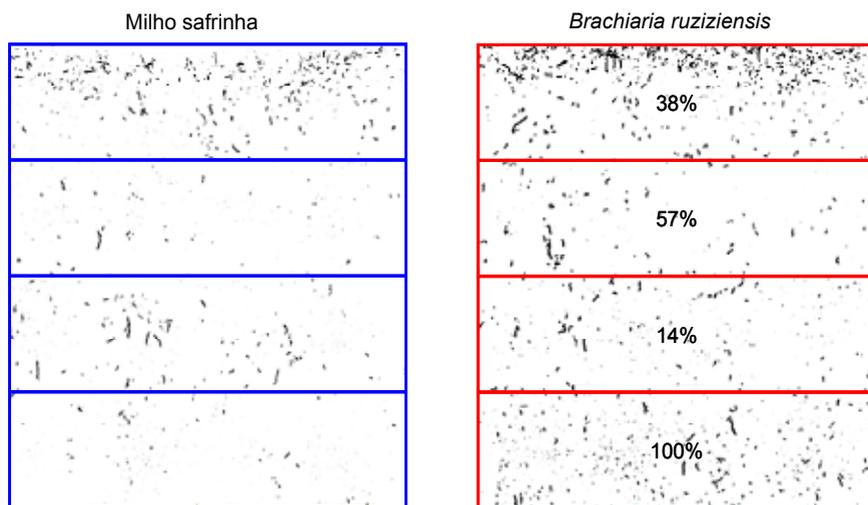
A melhoria da qualidade física do solo com uso de forrageiras tropicais está diretamente relacionada ao sistema radicular mais vigoroso, profundo e abundante dessas espécies (Figura 23). As raízes das forrageiras tropicais formam uma rede de canais (bioporos) que oferecem condições ideais para o desenvolvimento do sistema radicular da soja subsequente (Figuras 24). Dados obtidos em avaliação realizada junto à Unidade de Referência Tecnológica de Maringá/PR comprovam que a melhoria das condições físicas do solo proporcionadas pela *B. ruziziensis* (Figura 20) refletiu em um maior desenvolvimento do sistema radicular da soja (Figura 25). De acordo com essa Figura, verifica-se que a área das raízes, em todas as camadas de solo até 1 metro de profundidade, foi maior quando a soja foi implantada sobre *B. ruziziensis* comparativamente ao milho safrinha. Isso significa que o volume de solo explorado pelas raízes da soja, em busca de água e nutrientes, foi maior em sistemas de produção que incluem forrageiras tropicais, conferindo à oleaginosa maior tolerância a períodos de deficiência hídrica.



**Figura 23.** Desenvolvimento radicular de *Panicum maximum* cv. Tanzânia em área de integração lavoura-pecuária na Unidade de Referência Tecnológica de Santo Inácio, na Região Noroeste do Paraná. Embrapa Soja/UEM/Estância JAE. Notar o vigor e a abundância do sistema radicular da forrageira, em toda a extensão da trincheira, que atinge até 1 metro de profundidade.



**Figura 24.** Desenvolvimento radicular de soja BRS 184 após *Brachiaria ruziziensis* em área de integração lavoura-pecuária na Unidade de Referência Tecnológica de Santo Inácio, na Região Noroeste do Paraná. Embrapa Soja/UEM/Estância JAE. Observar que, nessa condição, as raízes da soja atingiram 1 m de profundidade, o que representa um significativo aumento no reservatório de água disponível às plantas.



**Figura 25.** Desenvolvimento radicular da soja (BRS 245 RR) na safra 2007/2008 na Unidade de Referência Tecnológica, em Maringá/PR, após milho safrinha e *Brachiaria ruziziensis*. Os valores percentuais indicam em quanto a área do sistema radicular da soja foi aumentada na braquiária em relação ao milho safrinha. Cada retângulo representa uma camada de 25 cm de espessura. Embrapa Soja/Cocamar, 2008.

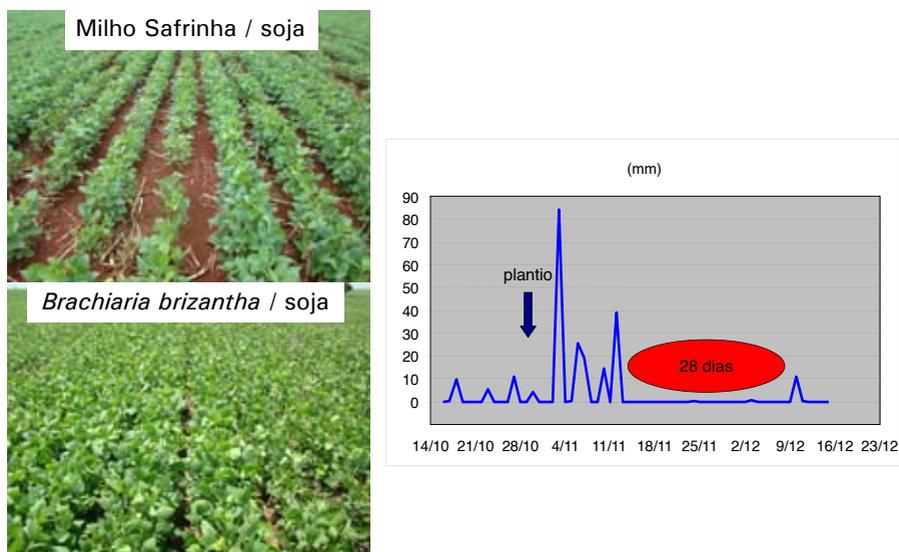
## 12 Estabilidade de produção sob condições de seca

A cobertura do solo proporcionada por sistemas produtivos que incluam forrageiras tropicais, associada às melhorias na qualidade física do solo e no enraizamento da soja, proporcionadas por essas espécies, têm refletido no aumento da produtividade desta cultura em relação a outros sistemas de produção, especialmente em anos caracterizados por períodos de deficiência hídrica. Isso ficou comprovado pelo desempenho da soja nas safras 2007/08 (Figura 26) e 2008/09 (Figura 27) na Unidade de Referência Tecnológica de Maringá/PR. De acordo com essas Figuras, observa-se que, visualmente, a soja apresentou melhor desenvolvimento sobre palhada de braquiária comparativamente ao milho safrinha. Isto se refletiu na produtividade da soja que, na safra 2007/08, foi de 56 sacas/ha sobre palhada de *B. ruziziensis*, seis sacas a mais do que a observada para a soja implantada após o milho safrinha. Na safra 2008/09, quando ocorreu um período de 28 dias sem chuvas, as diferenças foram ainda maiores. Quando semeada em sequência à *B. brizantha*, a soja produziu 45 sacas/ha, 11 sacas/ha a mais em relação à soja após milho safrinha.

O comportamento da soja safra 2008/09 na Unidade de Referência Tecnológica da Embrapa Soja, em Londrina/PR, foi similar ao observado na de Maringá/PR. Na Figura 28, observa-se que a soja tem seu ciclo prolongado quando cultivada após *B. brizantha* e *B. ruziziensis* ou o consórcio de milho safrinha + *B. ruziziensis*, em relação à soja cultivada sobre milho safrinha apenas.



**Figura 26.** Comportamento da soja (BRS 245 RR) cultivada após milho safrinha ou *Brachiaria ruziziensis* na safra 2007/2008 na Unidade de Referência Tecnológica em Maringá. Embrapa Soja/Cocamar, 2009. A soja após *B. ruziziensis* apresenta, visualmente, melhor desenvolvimento em comparação à semeada em sequência ao milho safrinha.



**Figura 27.** Comportamento da soja cultivada após milho safrinha ou *Brachiaria brizantha* na safra 2008/2009 e quantidade de chuva na Unidade de Referência Tecnológica em Maringá/PR. Embrapa Soja/Cocamar, 2009. Foto tirada em 15/01/2009. A melhor eficiência de uso da água proporcionada pela *B. brizantha* garantiu melhor desenvolvimento e produtividade à soja, em uma safra caracterizada por uma forte deficiência hídrica.

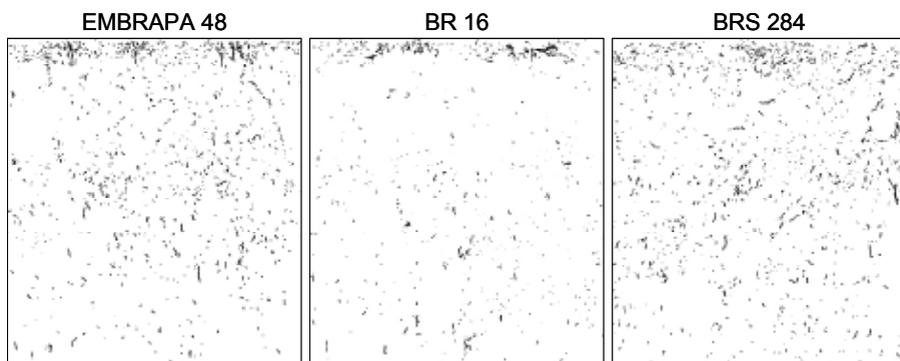


**Figura 28.** Unidade de referência tecnológica na Fazenda Experimental da Embrapa Soja em Londrina, onde se observa a diferença de comportamento da soja em função da cultura antecessora. Embrapa Soja, 2009.

A redução na duração do ciclo está relacionada com a menor disponibilidade de água no sistema em que o milho safrinha antecedeu a soja, já que sob condições de estresse hídrico a planta tende a reduzir o ciclo. Essa redução de ciclo afeta a produtividade por reduzir o período de enchimento de grãos da cultura.

### 13 Uso de cultivares de soja com maior enraizamento

Em complemento a práticas de manejo do solo, a eficiência de uso da água pode ser aumentada com o uso de cultivares de soja que apresentem maior potencial genético de desenvolvimento do sistema radicular. Nesse sentido, na safra 2008/09, foi avaliado o desenvolvimento do sistema radicular de dez cultivares de soja com diferentes ciclos e tipos de crescimento, em condições de campo, na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina/PR (Figura 29). As cultivares apresentaram diferentes comportamentos quanto ao desenvolvimento e a distribuição do sistema radicular no perfil do solo, de modo que as mesmas foram separadas em dois grupos principais com relação à capacidade de desenvolver raízes em camadas abaixo de 25 cm de profundidade.



**Figura 29.** Distribuição radicular de cultivares de soja sob condições de campo em Latossolo Vermelho distroférico. A Embrapa 48 e BR 16 são consideradas cultivares padrão para tolerância e sensibilidade à seca, respectivamente. Embrapa Soja, 2009.

A cultivar Embrapa 48, que é considerada uma das mais estáveis em relação à produtividade sob condições de estresse hídrico, apresentou o maior desenvolvimento radicular entre as cultivares avaliadas. Outra cultivar que se destacou foi a BRS 284, pois além de ter um bom desenvolvimento radicular em profundidade, apresenta um ciclo mais curto que a Embrapa 48. Os resultados indicam que as cultivares podem ser selecionadas em relação ao seu potencial de desenvolvimento radicular, com o objetivo de conceder estabilidade de produção e tolerância ao estresse hídrico. A diferença de potencial de enraizamento entre as cultivares pode ser facilmente observada na comparação da Embrapa 48 e BRS 284 com a cultivar BR 16, considerada como um padrão de sensibilidade à seca (Figura 29).

## **14 Referências**

BUBLITZ, U. Emater divulga metodologia de acompanhamento do SPDP. **Boletim Informativo da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha**, n. 35, 2009, p. 5

DEBIASI, H. **Recuperação física de um Argissolo compactado e suas implicações sobre o sistema solo-máquina-planta**. 263 f. 2008. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

VOLK, L. B. S. **Avaliação de condições físicas de superfície e subsuperfície do solo para fins de predição da erosão hídrica e indicação da qualidade da sua estrutura**. 149 f. 2006. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

## **15 Agradecimentos**

Os autores agradecem o apoio financeiro da Finep/FNDCT/Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT.



A cada nova descoberta, um novo horizonte.

Ampliar as perspectivas e promover apoio irrestrito ao cooperado é uma das grandes missões da nossa cooperativa. Isto é o que move a Cocamar e a faz investir continuamente na descoberta e promoção de novas tecnologias de cultivo, oferecendo ao homem do campo mais oportunidades e novos horizontes.



**cocamar**<sup>®</sup>

**Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

**Governo  
Federal**