



MISSÃO

Desenvolver e promover informações científicas sobre o manejo responsável dos nutrientes de plantas para o benefício da família humana

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Nº 134 JUNHO/2011

ROTAÇÃO DE CULTURAS: PRÁTICA QUE CONFERE MAIOR SUSTENTABILIDADE À PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO PARANÁ

*Julio Cezar Franchini¹
Joaquim Mariano da Costa²
Henrique Debiasi¹*

1 INTRODUÇÃO

A rotação de culturas associada à cobertura permanente e ao mínimo revolvimento do solo compõem os princípios básicos do sistema plantio direto (SPD). A ausência dessa prática acarreta o surgimento de alterações de ordem química, física e biológica no solo, que podem comprometer a estabilidade do sistema produtivo. Dentre as alterações observadas, destacam-se: diminuição do teor de matéria orgânica do solo (MOS), degradação da estrutura do solo, intensificação dos processos erosivos, redução da atividade e diversidade biológica, aumento da incidência e severidade de pragas e doenças e aumento da infestação de plantas daninhas. O conjunto desses problemas se reflete na instabilidade da produtividade das culturas e no aumento dos custos de produção face à ocorrência de estresses bióticos e abióticos.

O aumento da diversidade biológica contribui para a estabilidade da produção devido à ciclagem de nutrientes, à fixação biológica de nitrogênio, à diversificação de espécies de plantas daninhas, à redução na ocorrência de doenças de solo, ao aumento da cobertura do solo e ao trabalho realizado pelo sistema radicular das espécies, reduzindo o grau de compactação do solo em sistemas intensivos.

O presente artigo apresenta resultados de pesquisa obtidos em estudos conduzidos em diversas regiões do estado do Paraná e demonstra que, a longo prazo, os benefícios da rotação de culturas

sobre a qualidade física, química e biológica do solo, bem como sobre a dinâmica de pragas, doenças e plantas daninhas, resultam em aumento na produtividade de todas as culturas econômicas envolvidas no sistema de produção. Além disso, a utilização de diferentes espécies vegetais para produção de grãos e/ou forragem permite a diversificação da renda da propriedade, reduzindo os riscos de mercado e de clima inerentes à produção agropecuária.

O objetivo dessa publicação é mostrar os benefícios da rotação de culturas para a sustentabilidade da produção agrícola em diversas regiões do estado do Paraná, de modo a contribuir para o aumento da adoção dessa prática pelos produtores, assim como auxiliar na concepção e planejamento de sistemas de rotação de culturas.

2 CONCEITO E PRINCÍPIOS BÁSICOS

A rotação de culturas é definida como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas, em um determinado espaço de tempo (ciclo), em uma mesma área e na mesma estação do ano. A sucessão de culturas é definida como o ordenamento de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado, cada uma cultivada em uma estação do ano. Um exemplo de sistema de rotação de culturas seria aveia preta + nabo/milho – aveia branca/soja – milho safrinha/soja – trigo/soja. Nesse sistema, ocorre a alternância de espécies dentro de uma mesma estação, de modo que no inverno cultiva-se 25% da área com aveia preta + nabo forrageiro, 25%

Abreviações: COAMO = Cooperativa Agroindustrial de Campo Mourão; CTC = capacidade de troca de cátions; MOS = matéria orgânica do solo; PR = Paraná; RP = resistência do solo à penetração; SPC = sistema de preparo convencional; SPD = sistema plantio direto.

¹ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR; email: franchin@cnpso.embrapa.br; debiasi@cnpso.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, Cooperativa Agroindustrial Coamo, Fazenda Experimental, Campo Mourão, PR; email: JMariano@coamo.com.br

ATENÇÃO, ASSINANTES!! Leiam o aviso na página 13!

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE - BRASIL

Rua Alfredo Guedes, 1949 - Edifício Rácz Center, sala 701 - Fone/Fax: (19) 3433-3254 - Website: www.ipni.org.br - E-mail: ipni@ipni.com.br
13416-901 Piracicaba-SP, Brasil

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Publicação trimestral gratuita do International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional, visando o manejo responsável dos nutrientes de plantas.

COMISSÃO EDITORIAL

Editor

Luís Ignácio Prochnow

Editores Assistentes

Valter Casarin e Sílvia Regina Stipp

Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavorenti

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI)

Presidente do Conselho

Michael M. Wilson (Agrimium Inc.)

Vice-Presidente do Conselho

Joachim Felker (K+S KALI GmbH)

Tesoureiro

Stephen R. Wilson (CF Industries Holdings, Inc.)

Presidente

Terry L. Roberts

Vice-Presidente, Coordenador do Grupo da Ásia e África

Adrian M. Johnston

Vice-Presidente, Coordenadora do Grupo do Oeste Europeu/Ásia Central e Oriente Médio

Svetlana Ivanova

Vice-Presidente Senior, Diretor de Pesquisa e Coordenador do Grupo das Américas e Oceania

Paul E. Fixen

PROGRAMA BRASIL

Diretor

Luís Ignácio Prochnow

Diretor Adjunto

Valter Casarin

Publicações

Sílvia Regina Stipp

TI e Assistente Administrativo

Evandro Luis Lavorenti

Assistente Administrativo

Renata Fiuza

ASSINATURAS

Assinaturas gratuitas são concedidas mediante aprovação prévia da diretoria. O cadastramento pode ser realizado no site do IPNI: www.ipni.org.br
Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para: rfiuza@ipni.net

Esta publicação foi impressa e distribuída com o apoio financeiro parcial das seguintes instituições/empresas:

ABISOLO

FERTILIZANTES HERINGER S.A.
YARA BRASIL FERTILIZANTES S.A.

Nº 134 JUNHO/2011

CONTEÚDO

Rotação de culturas: prática que confere maior sustentabilidade à produção agrícola no Paraná

Julio Cezar Franchini, Joaquim Mariano da Costa, Henrique Debiasi ... 1

Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas

Fabrizio de Ávila Rodrigues, Lilian Aparecida de Oliveira, Ana Paula Korndörfer, Gaspar Henrique Korndörfer 14

IPNI em Destaque 21

Divulgando a Pesquisa 23

Painel Agronômico 24

Cursos e Simpósios 26

Publicações Recentes 27

Ponto de Vista 28

NOTA DOS EDITORES

Todos os artigos publicados no Informações Agronômicas estão disponíveis em formato pdf no website do IPNI Brasil: www.ipni.org.br

Opiniões e conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas do IPNI ou dos editores deste jornal.

FOTO DESTAQUE



I Simpósio Regional IPNI Brasil sobre Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes, em Sorriso, MT. Equipe do IPNI (da esquerda para direita): Sílvia Stipp, Dr. Prochnow, Evandro Lavorenti e Dr. Casarin.

com aveia branca para grão, 25% com milho safrinha e 25% com trigo, enquanto, no verão, cultiva-se 75% da área com soja e 25% com milho. Por outro lado, sistemas nos quais o trigo ou o milho safrinha são cultivados em 100% da área todos os anos no inverno e a soja em 100% da área todos os anos no verão, são caracterizados como sistemas de sucessão de culturas.

As culturas componentes de um sistema de rotação de culturas devem atender ao maior número possível dos seguintes princípios:

- Produzir quantidade suficiente de fitomassa da parte aérea e raízes visando o aumento do teor de MOS e a formação de cobertura morta para controlar os processos erosivos, diminuir as oscilações de temperatura e reduzir as perdas de água por evaporação;
- Promover condições favoráveis de solo que diminuam a suscetibilidade das plantas aos danos causados por pragas e doenças e/ou contribuam para a formação de um ambiente supressor a elas;
- Apresentar diferenciadas exigências nutricionais e capacidade de aproveitamento de nutrientes (leguminosas e gramíneas, por exemplo);
- Apresentar diferentes suscetibilidades a pragas e doenças, evitando as espécies que sejam hospedeiras de pragas e doenças de importância econômica para as principais culturas;
- Permitir a diversificação de princípios ativos e mecanismos de ação de herbicidas, inseticidas e fungicidas, visando evitar a seleção de espécies/biótipos tolerantes/resistentes;
- Reduzir as “janelas” sem culturas vivas na área, contemplando a inclusão, em alguma fase, de culturas caracterizadas por alta produção de fitomassa e sistema radicular profundo, agressivo e abundante, visando melhorar a qualidade do solo.
- Resultar em renda direta pela produção de grãos, sementes ou forragem ou indireta, pelos efeitos positivos sobre as culturas subsequentes.

Esse conjunto de benefícios potenciais da rotação de culturas contribui para aumentar a produtividade das culturas e a estabilidade da produção face à ocorrência de estresses bióticos e abióticos, bem como para racionalizar a utilização de insumos.

3 SISTEMAS DE SUCESSÃO E ROTAÇÃO DE CULTURAS UTILIZADOS NO ESTADO DO PARANÁ

De forma geral, o estado do Paraná adota dois sistemas de produção que são caracterizados como sistemas de sucessão de culturas: 1) com predomínio de soja no verão e de trigo no inverno, para a metade sul e sudoeste (região subtropical), e 2) com predomínio de soja no verão e de milho safrinha no inverno, nas regiões norte e oeste do estado (região de transição climática). Essa divisão é determinada pelo zoneamento climático das culturas, o qual é baseado em fatores como precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial, capacidade de água disponível do solo e probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas durante a fase reprodutiva das culturas de inverno. Apesar do predomínio desses dois sistemas, nos últimos anos, os sistemas de produção de grãos no Paraná têm apresentado, em média, 78% de soja, 16% de milho e 6% de feijão no verão, e 21% de trigo e 24% de milho safrinha no inverno. O restante da área de inverno é ocupada por aveia para cobertura (25%), pousio e outras plantas de cobertura (25%), e outras culturas de inverno, como cevada, triticale, canola e girassol (5%) (DERAL, 2010).

Nesse contexto, diversas universidades e instituições de pesquisa, incluindo a EMBRAPA, têm desenvolvido um trabalho contínuo de adaptação e aprimoramento de sistemas de rotação de culturas para o estado do Paraná. A partir desses trabalhos, foram concebidos e validados sistemas de rotação de culturas de forma regionalizada, de acordo com as diferentes condições edafoclimáticas do estado. O presente artigo baseia-se nos resultados de pesquisa obtidos em estudos de longo prazo realizados nas regiões de Campo Mourão e Londrina. Alguns exemplos de sistemas de rotação de culturas são apresentados na Tabela 1. Os sistemas são constituídos por opções de rotação tanto para a região subtropical quanto para a de transição climática. Os tratamentos 10 e 11 constituem os sistemas de sucessão de soja com trigo e de soja com milho safrinha, que são considerados como sistemas de referência para as respectivas regiões. Resultados de outros estudos relacionados à rotação de culturas também são utilizados nesse trabalho.

Tabela 1. Sistemas de rotação e sucessão de culturas avaliados na Fazenda Experimental da Cooperativa Agroindustrial Coamo, em Campo Mourão, PR. Experimento realizado por Embrapa Soja/Coamo, 2011.

Sistemas ¹	Ciclo							
	2001 - 2005 - 2009		2002 - 2006 - 2010		2003 - 2007 - 2011		2004 - 2008 - 2012	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
1	Nabo	Milho	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
2	Nabo	Milho	Trigo	Soja (p)	Milho S	Soja	Trigo	Soja
3	Aveia	Milho	Milho S-Mt	Soja (p)	Milho S	Soja	Trigo	Soja
4	Tremoço	Milho	Aveia	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
5	Ervilhaca	Milho	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
6	Milho S	M + G	Trigo	Soja	Aveia G	Soja	Trigo	Soja (p)
7	Ervilha F	Milho	Tremoço	Milho	Milho S	Soja	Trigo	Soja
8	Aveia + nabo	Soja (p)	Milho S	Soja	Trigo	Soja (p)	Milho S	Soja
9	Trigo	Milho	Milho S-Mt	Soja (p)	Milho S	Soja	Trigo	Soja
10	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
11	Milho S	Milho	Milho S	Soja (p)	Milho S	Soja (p)	Milho S	Soja (p)

¹ Milho S = milho safrinha; M + G = consórcio milho + guandu; Aveia G = aveia branca para grãos; Milho S-Mt = Sucessão milho safrinha-milheto (milheto semeado até início de setembro); Soja (p) = soja precoce semeada no final de outubro; Ervilha F = ervilha forrageira; Av + Nabo = consórcio aveia + nabo semeados ao mesmo tempo.

4 EFEITO DA ROTAÇÃO DE CULTURAS SOBRE A QUALIDADE DO SOLO

4.1 Qualidade física do solo

A qualidade física do solo é um dos principais fatores que determinam a produtividade das culturas, tendo em vista a influência que exerce diretamente sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, indiretamente, sobre os demais atributos do solo (químicos e biológicos). A compactação tem sido amplamente reconhecida como a principal causa da degradação da qualidade física do solo, resultando em incrementos na sua densidade e resistência mecânica, bem como em reduções na porosidade total, macroporosidade, capacidade de infiltração de água, aeração e condutividade hidráulica. Essas modificações limitam o crescimento radicular das plantas e, ao mesmo tempo, diminuem a disponibilidade de água e oxigênio no solo, resultando na redução da produtividade das culturas, especialmente sob condições de excesso ou deficiência hídrica (TORRES e SARAIVA, 1999).

No SPD, tem sido observada a formação de uma camada de solo com maior grau de compactação a 0,1-0,2 m de profundidade, que pode ser restritiva ao desenvolvimento das plantas (FRANCHINI et al., 2009). A rotação de culturas pode contribuir para melhorar a qualidade física do solo no SPD, como se observa na Figura 1. Na camada de 0-0,1 m, a densidade do solo foi menor sob rotação do que sob sucessão de culturas em seis das nove amostragens. Os efeitos benéficos da rotação de culturas sobre a qualidade física do solo foram ainda mais evidentes na camada de 0,1-0,2 m onde, das nove amostragens, oito apresentaram densidade do solo mais elevada na sucessão trigo/soja.

A importância da rotação de culturas para a manutenção do grau de compactação do solo no SPD dentro de limites aceitáveis também pode ser avaliada por meio da resistência do solo à penetração (RP) (Figura 2A). Após 22 anos de SPD, a RP na camada de 0-0,2 m foi maior na sucessão de culturas, comparativamente à rotação de culturas. No caso da sucessão de culturas, a RP na camada de 0,1-0,2 m atingiu valores na faixa de 6 a 7 MPa, que são considerados elevados o suficiente para restringir o crescimento radicular da soja (TORRES e SARAIVA, 1999). Nessa condição, o acesso ao reservatório de água pelas raízes da soja pode ser restringido, tornando-a mais vulnerável a perdas de produtividade em função de períodos de seca.

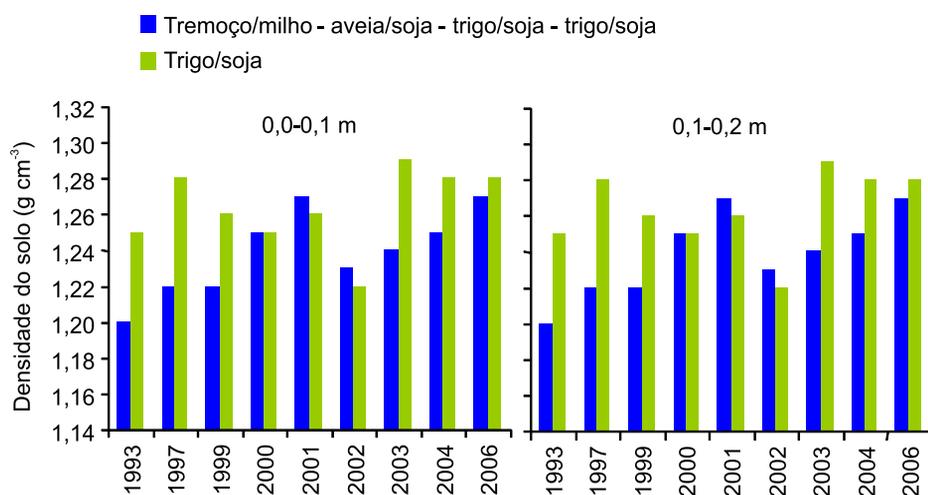


Figura 1. Densidade de um Latossolo Vermelho distroférrico manejado sob sistema plantio direto, em função do sistema de culturas, da época e da profundidade de amostragem. Experimento realizado pela Embrapa Soja, Londrina, PR, 2010.

Métodos mecânicos de descompactação do solo, como a escarificação, também têm sido indicados para melhorar a qualidade física do solo no SPD. Apesar disso, da mesma forma que o observado para o SPD contínuo, a RP no SPD escarificado a cada três anos, considerando a camada de 0-0,2 m, foi menor na rotação comparativamente à sucessão de culturas (Figura 2B). De modo similar ao observado para o SPD contínuo, os valores absolutos de RP no SPD escarificado manejado sob sucessão trigo/soja foi superior aos limites considerados por Torres e Saraiva (1999) como sendo críticos ao desenvolvimento radicular na soja.

Os valores de RP no SPD contínuo sob rotação foram inferiores aos observados para o SPD escarificado a cada três anos e manejado sob sucessão de culturas (Figura 2). Esses resultados comprovam que a escarificação esporádica do solo no SPD, sob o ponto de vista da preservação e/ou melhoria da qualidade física do solo, não elimina a necessidade da rotação de culturas. Cabe ainda ressaltar que a RP no SPD contínuo não atinge níveis considerados críticos ao desenvolvimento radicular das culturas quando se utiliza a rotação de culturas (Figura 2A). Assim, a escarificação, como prática a ser adotada sistematicamente, é desnecessária quando o SPD é manejado de acordo com os seus princípios básicos (mínimo revolvimento, cobertura permanente do solo e rotação de culturas).

4.2 Qualidade química do solo

A utilização de sistemas de rotação de culturas traz uma série de benefícios para a qualidade química do solo. Em primeiro lugar, a rotação de culturas possibilita um aumento nas adições de fitomassa (parte aérea e raízes) ao solo o que, em conjunto com a adoção do SPD, resulta no incremento dos teores de MOS. Os efeitos benéficos da MOS sobre a qualidade do solo e, conseqüentemente, sobre a produtividade das culturas são bem documentados (BAYER e MIELNICZUK, 1999) e envolvem: melhoria da estrutura do solo, principalmente por meio da formação e estabilização de agregados; fornecimento de nutrientes para as culturas; aumento da disponibilidade de alguns nutrientes, como o P; aumento da capacidade de troca de cátions do solo (CTC); complexação de elementos tóxicos às culturas, como o alumínio, e aumento da biomassa e atividade biológica do solo. Também é importante destacar a importância do N para o aumento dos estoques de MOS no solo (FRANCHINI et al., 2007; BODDEY et al., 2010). Isso ocorre porque o N desempenha papel fundamental no aumento das adições de fitomassa ao solo, principalmente quando se trata de espécies gramíneas. Do ponto de vista energético e ambiental, a melhor forma de aportar N aos sistemas produtivos é através da introdução de leguminosas nos sistemas de rotação de culturas.

Um dos mais importantes efeitos benéficos associados à adoção da rotação de culturas envolve a reciclagem de nutrientes. Desta forma, o adequado planejamento da rotação de culturas permite a utilização de espécies vegetais caracterizadas por sistemas radiculares capazes de atingir diferentes profundidades, o que proporciona o aproveitamento de nutrientes armazenados em diferentes camadas no perfil do solo. Da mesma forma, a rotação de culturas possibilita a combinação e/ou alternância de plantas com diferentes exigências nutricionais e habilidades na absorção de nutrientes. Assim, nutrientes que não são absorvidos por uma determinada planta, seja por sua localização

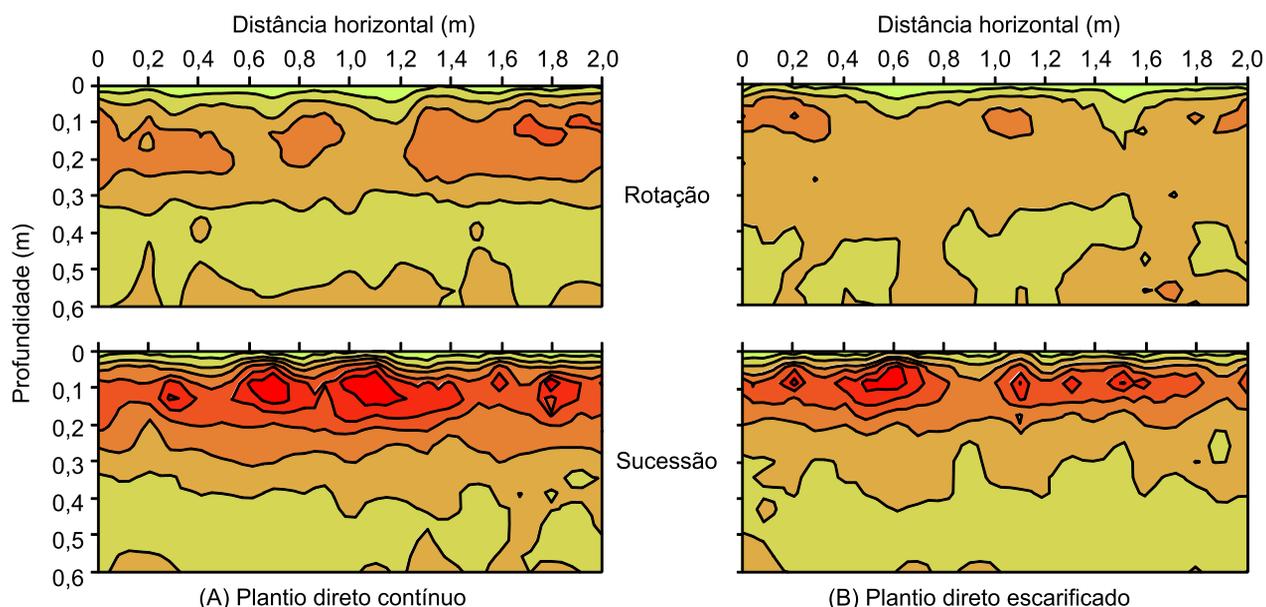


Figura 2. Perfis de resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distroférico manejado durante 22 anos sob (A) sistema plantio direto contínuo ou sob (B) plantio direto escarificado a cada três safras, em função da rotação (tremoço/milho – aveia/soja – trigo/soja – trigo/soja) e da sucessão de culturas (trigo/soja). Experimento realizado pela Embrapa Soja, Londrina, PR, 2010.

em camadas abaixo da zona de ação do sistema radicular, seja pela baixa eficiência de absorção, podem ser aproveitados por outras espécies vegetais e, a partir da decomposição da palhada, tornarem-se disponíveis (BORKERT et al., 2003).

A rotação de culturas também influencia a eficiência de extração e uso dos nutrientes aplicados na forma de fertilizantes (Tabela 2). A eficiência de extração do P aplicado por meio de fertilização química, em área manejada sob SPD há 22 anos, é maior na rotação de culturas, comparativamente à sucessão de culturas. Embora a rotação tenha proporcionado um pequeno aumento na eficiência de extração de P pela soja e pelo trigo, principalmente em função da maior produtividade dessas culturas, o grande responsável pela maior eficiência da rotação foi o milho, incluído nesse sistema. Cabe salientar que o aumento da eficiência de extração de nutrientes é fundamental para a racionalização da utilização de fertilizantes, o que resulta em benefícios econômicos e ambientais.

4.3 Qualidade biológica do solo

A importância dos micro-organismos do solo se justifica em razão das diversas funções exercidas pelos mesmos, as quais englobam a ciclagem e reciclagem de nutrientes, a decomposição de materiais orgânicos e sua incorporação às frações orgânicas presentes no solo,

a formação e estabilização de agregados de solo, o controle biológico e a fixação de N, entre outras. Tais funções são fundamentais para a qualidade do solo e, assim, para sustentabilidade dos agroecossistemas. Correlações positivas e significativas entre indicadores microbiológicos, como o C e o N da biomassa microbiana, e a produtividade das culturas tem sido observadas frequentemente (CATTELAN et al., 1997a; HUNGRIA et al., 2009; SILVA et al., 2010).

O SPD exerce efeitos positivos sobre a comunidade microbiana do solo quando comparado ao preparo convencional (SPC), resultando em maiores valores de C e N da biomassa microbiana (CATTELAN et al. 1997b; FRANCHINI et al., 2007; SILVA et al., 2010), de respiração basal (HUNGRIA et al., 2009) e de diversidade genética (PEREIRA et al., 2007), bem como em menores valores de quociente metabólico¹ (FRANCHINI et al., 2007). A resposta positiva dos micro-organismos ao SPD está associada ao baixo grau de revolvimento, a maior cobertura do solo, à diminuição da taxa de mineralização dos compostos orgânicos e aumento no teor de MOS, à melhoria das condições físicas e químicas do solo, ao aumento do conteúdo de água do solo e à redução na ocorrência de temperaturas extremas.

¹ Quociente metabólico (qCO_2) = razão entre respiração basal por unidade de biomassa microbiana do solo por unidade de tempo.

Tabela 2. Produtividade, quantidade de fósforo extraído e eficiência de extração de fósforo, por cultura e por sistema de culturas, em área manejada sob sistema plantio direto há 22 anos. Experimento realizado pela Embrapa Soja, Londrina, PR, 2010.

Sistema	Culturas	Produtividade de grãos ³	Extração de P_2O_5 ⁴	Eficiência da cultura ⁵	Eficiência do sistema ⁶
		----- (kg ha ⁻¹) -----		----- (%) -----	
Sucessão ¹	Soja	3.171	32	67	50
	Trigo	2.325	14	33	
Rotação ²	Soja	3.243	32	71	67
	Trigo	2.507	18	36	
	Milho	6.040	40	95	

¹ Sucessão = trigo/soja contínuo. ² Rotação = tremoço/milho - aveia/soja - trigo/soja - trigo/soja. ³ Produtividade média nas safras entre 1988/1989 e 2009/2010. ⁴ Extração considerando teores médios de 10,0; 7,30 e 6,88 kg de P_2O_5 por 1.000 kg de grãos, para soja, trigo e milho, respectivamente.

⁵ Eficiência da cultura = relação entre P no fertilizante aplicado e o extraído pelos grãos. ⁶ Eficiência do sistema = corresponde à média da eficiência de extração das culturas que compõem cada sistema (sucessão ou rotação).

Parâmetros microbiológicos são utilizados como indicadores de qualidade do solo devido a sua extrema sensibilidade à variabilidade sazonal das condições biológicas do solo associadas à combinação de diversas espécies de plantas, que resultam em adições de fitomassa que se diferenciam em termos quantitativos e qualitativos (FRANCHINI et al., 2007; SILVA et al., 2010).

A diversificação de espécies na rotação de culturas também aumenta a diversidade da comunidade microbiana (PEREIRA et al., 2007). A monocultura tende a selecionar determinadas espécies de micro-organismos em detrimento de outras, o que é indesejável para a sustentabilidade dos sistemas de produção. A falta de diversidade biológica pode comprometer a capacidade do solo de reagir a estresses bióticos e abióticos, com prejuízo de suas funções (ZILLI et al., 2003). Assim, em solos com elevada diversidade microbiana, se determinada condição biótica ou abiótica prejudicar determinado micro-organismo, é provável que a função exercida pelo mesmo seja desempenhada por outro. Isso é fundamental para a manutenção de funções como a ciclagem de nutrientes, a agregação do solo e o controle de patógenos, mesmo sob condições desfavoráveis. Além disso, é importante considerar que a probabilidade de que haja algum organismo antagonico ao agente causal de determinada doença é maior em ambientes com alta diversidade biológica (ALMEIDA e SEIXAS, 2010).

Sistemas de manejo do solo têm grande efeito sobre a fauna edáfica (BROWN et al., 2008). A rotação de culturas pode beneficiar a macro, micro e mesofauna do solo, uma vez que a riqueza e a abundância dos organismos edáficos são determinadas, entre outros fatores, pela quantidade e qualidade da fitomassa aérea e radicular adicionada ao solo. A fauna invertebrada do solo exerce importante papel na ciclagem de nutrientes e na estrutura do solo, pois é responsável pela fragmentação dos resíduos orgânicos, mistura das partículas minerais e orgânicas, redistribuição da matéria orgânica e abertura de bioporos.

5. DESEMPENHO DAS PRINCIPAIS CULTURAS DE GRÃOS EM SISTEMAS DE ROTAÇÃO DE CULTURAS

5.1 Soja

A soja apresenta respostas positivas à rotação de culturas, particularmente quando cultivada no verão subsequente ao cultivo de milho de verão (Figura 3). Considerando a produtividade média da soja no sistema de rotação com milho em relação à observada na sucessão com trigo, o ganho acumulado na produtividade da oleaginosa corresponde a 17%.

Os efeitos positivos da rotação de culturas sobre a produtividade da soja podem ser atribuídos à recuperação da qualidade do solo devido a maior produção de fitomassa da parte aérea e raízes pelas culturas da aveia e do milho, e ao fornecimento adicional de N ao sistema pela leguminosa antecedendo ao milho. Em termos práticos, esses resultados indicam que, para as condições do norte do Paraná, seria interessante que o produtor destinasse, no mínimo, 25% da área agrícola para o cultivo de milho no verão.

A rotação de culturas é ainda mais importante durante a fase crítica inicial do SPD, que corresponde aos primeiros anos de adoção do sistema. Conforme Franchini et al. (2008), durante a fase inicial do SPD, a produtividade da soja pode até ser inferior no SPD em relação ao SPC. Isso ocorre porque há necessidade de um determinado período de tempo para que as melhorias na qualidade do solo proporcionadas pelo SPD se manifestem. Os autores

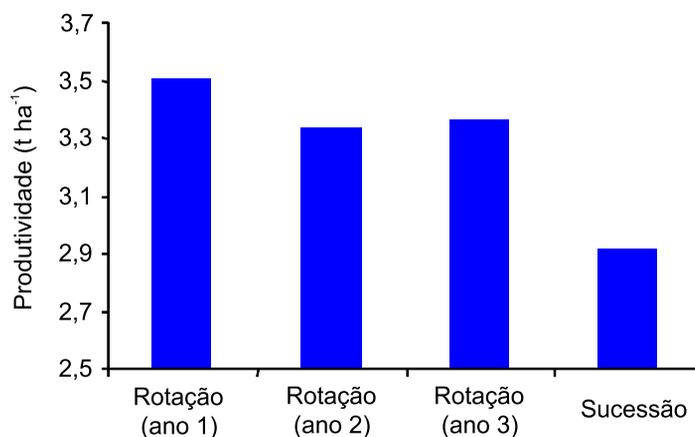


Figura 3. Produtividade média da soja (safras 1991/92 a 2008/09) em função do tempo após o cultivo do milho de verão, no sistema de rotação tremoço/milho – aveia/soja – trigo/soja – trigo/soja e no sistema de sucessão trigo/soja, em Londrina, PR, 2010. A produtividade refere-se à média de cinco safras para as condições ano 1 e ano 2 após o milho, quatro safras para a condição ano 3 após o milho de verão e 21 safras para a sucessão trigo/soja.

explicam que o acúmulo de MOS é um dos fatores determinantes da duração da fase crítica do SPD. A utilização da rotação de culturas, ao aumentar a quantidade de material orgânico produzido, acelera o acúmulo de MOS e, assim, a melhoria na qualidade do solo. De acordo com Franchini et al. (2008), a duração da fase crítica no SPD foi de três anos para a sucessão trigo/soja, enquanto para a rotação de culturas a fase crítica se restringiu ao primeiro ano.

A produtividade da soja também é influenciada pela espécie vegetal de inverno que a antecede. Na Figura 4, verifica-se que a produtividade da soja implantada em sequência à aveia preta foi aproximadamente 13% e 19% superior à semeada após o trigo e o pousio, respectivamente. Esses resultados permitem afirmar que a soja responde de forma positiva à utilização da aveia preta como cultura de inverno.

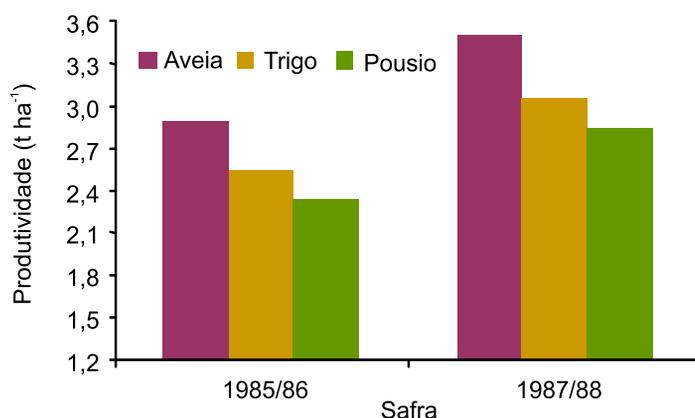


Figura 4. Produtividade da soja no sistema plantio direto em duas safras agrícolas, em função da cultura de inverno antecessora.

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

A rotação de culturas favorece o uso de cultivares de soja com ciclos diferentes. Por exemplo, para o cultivo de milho safrinha, normalmente se utiliza uma cultivar de soja de ciclo precoce, semeada entre o final de setembro e meados de outubro, para permitir a semeadura do milho em meados de fevereiro. Isso reduz o risco de perdas de produtividade por seca e pela ocorrência de baixas temperaturas nas fases reprodutivas do milho. Quando se pretende

semear o trigo no inverno, a implantação da soja pode ser realizada até meados de novembro com uma cultivar de ciclo semiprecoce, já que o trigo é semeado em meados de abril.

A diversificação de cultivares em função do ciclo, associada ao escalonamento da época de semeadura, são práticas importantes para a redução de riscos climáticos, particularmente em anos sob influência de La Niña. Sob condições de La Niña, aumenta a probabilidade de ocorrência de períodos de longa duração sem chuvas durante as fases críticas da soja (florescimento e enchimento de grãos). Com o escalonamento da época de semeadura e o uso de cultivares com ciclos diferentes, os riscos de perda de produtividade associados aos períodos de deficiência hídrica nas fases reprodutivas da cultura são minimizados.

O efeito do ciclo das cultivares, da época de semeadura e das culturas de inverno sobre a produtividade da soja pode ser observado nos resultados obtidos em sistemas de rotação de culturas em Campo Mourão, PR (Figura 5).

Os resultados da safra 2003/2004 indicam o potencial produtivo máximo da soja para a região de Campo Mourão, em um ano caracterizado pela boa distribuição de chuvas durante todo o ciclo das cultivares utilizadas (Figura 5). Nessa safra, a produtividade da soja atingiu valores em torno de 4 t ha⁻¹. Ambas as cultivares, precoce e semiprecoce, apresentaram comportamento semelhante, com pequenos acréscimos de produtividade quando cultivadas após trigo e aveia, em relação ao milho safrinha.

A safra 2004/2005, por outro lado, caracteriza um ano com ocorrência de deficiência hídrica durante as fases reprodutivas para a cultivar de ciclo semiprecoce. Diante disso, a produtividade de grãos desta cultivar foi, em média, 750 kg ha⁻¹ inferior à da cultivar precoce. Cabe destacar que a cultivar de ciclo precoce também foi parcialmente afetada, já que o potencial máximo de produtividade, obtido na safra 2003/2004, não foi atingido. Observa-se, ainda, que, nesta safra, a produtividade da soja foi pouco influenciada pelas culturas de inverno.

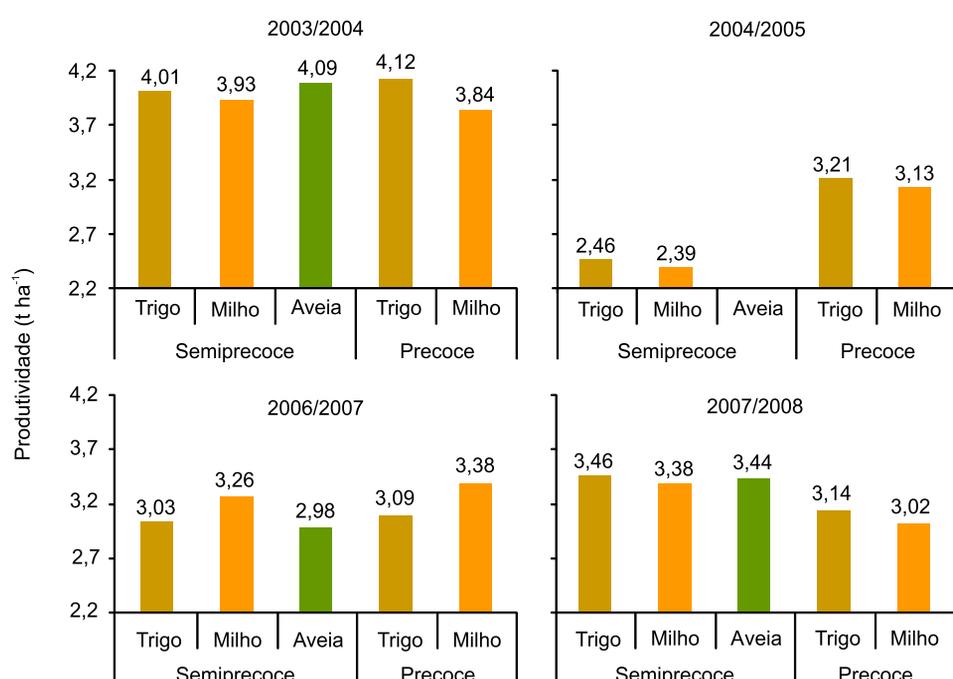


Figura 5. Produtividade de cultivares de soja de diferentes ciclos em sistemas de rotação de culturas. Semiprecoce: ciclo aproximado de 125 dias; precoce: ciclo aproximado de 118 dias. De acordo com o sistema de rotação de culturas, a cultivar de soja pode ser cultivada após trigo, milho ou aveia no inverno. Experimento realizado por Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão, PR, 2008.

A safra 2006/2007 ilustra uma condição intermediária em termos de disponibilidade de água para a cultura, com ocorrência de deficiências hídricas moderadas em épocas críticas para ambas as cultivares, considerando que a produtividade foi similar entre elas e inferior ao potencial máximo exibido na safra 2003/2004. Na safra 2006/2007, a maior produtividade de grãos, independentemente do ciclo da cultivar utilizada, ocorreu para a soja cultivada após o milho safrinha.

Finalmente, a safra 2007/2008 representou uma situação inversa à de 2004/2005, com a ocorrência de deficiência hídrica durante as fases reprodutivas para a cultivar de ciclo precoce. Com isso, a produtividade foi substancialmente reduzida, atingindo um valor inferior, de cerca de 350 kg ha⁻¹, ao da cultivar semiprecoce.

Com a necessidade de escalonar a época de semeadura e o ciclo das cultivares para que os riscos climáticos sejam diluídos dentro da propriedade, torna-se importante também o planejamento dos sistemas de rotação para que pelo menos duas espécies de plantas diferentes sejam cultivadas no inverno.

Os dados apresentados também permitem observar que, embora o uso da aveia preta antecedendo a soja apresente benefícios, observados em determinadas condições (Figuras 4 e 5), é possível utilizar outras espécies de inverno, como trigo e milho safrinha, sem prejuízo à produtividade da soja, desde que se obedeça a um planejamento que leve em consideração a alternância dessas opções.

5.2 Milho (1ª safra)

O milho é importante para compor os sistemas de rotação de culturas, tanto no cultivo de verão quanto no de segunda safra. No caso do milho de verão, os resultados de pesquisa obtidos em Campo Mourão, PR, comprovam que a cultura responde de modo significativo às espécies vegetais de outono-inverno que o antecedem (Figura 6). O milho apresenta melhor desenvolvimento inicial quando cultivado sobre palhada de plantas de cobertura com capacidade de fixar N, como a ervilhaca, do que quando cultivado sobre palhada de

gramíneas. Entre as gramíneas, a aveia, por ser uma planta de cobertura cujo manejo é realizado no estágio de grão leitoso, quando a palhada ainda não se encontra totalmente lignificada, e por apresentar menor imobilização de N durante sua decomposição, proporcionou melhor desenvolvimento do milho do que as palhadas de milho safrinha e de trigo. As palhadas de milho safrinha e de trigo, por constituírem resíduo vegetal pós-colheita de grãos, apresentam grande imobilização de N, reduzindo, assim, o desenvolvimento inicial do milho.

O comportamento da cultura do milho durante as fases iniciais de desenvolvimento foi relacionado com a produtividade de grãos. Na Figura 7, observa-se que a produtividade do milho sobre as palhadas de ervilhaca e de tremoço foi maior em cerca de 1,1 t ha⁻¹ (10%), comparada aos piores tratamentos, representados pelas gramíneas utilizadas para a produção de grãos (trigo e milho safrinha). O milho cultivado em sucessão à aveia apresentou comportamento intermediário, com produtividade cerca de 400 kg ha⁻¹ inferior à proporcionada pelas leguminosas.



Figura 6. Desenvolvimento da cultura do milho de verão sobre a palhada de diferentes culturas de inverno. Experimento realizado por Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão, PR, 2009.

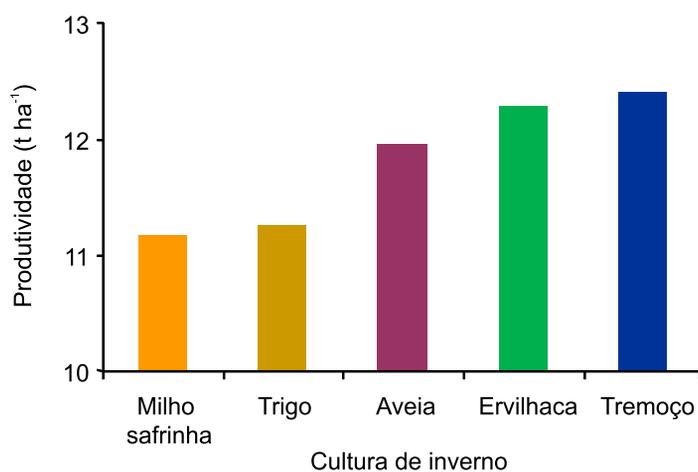


Figura 7. Produtividade do milho de verão sobre a palhada de diferentes culturas de inverno. Experimento realizado por Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão, PR, 2010.

Os efeitos da interação entre a cultura de inverno e a adubação nitrogenada em cobertura sobre a produtividade do milho foram avaliados na safra 2005/2006. Na Figura 8, são apresentados os dados referentes à variação na quantidade de N-NO₃ no solo durante o desenvolvimento da cultura do milho de verão, em função de diferentes coberturas de inverno e da adubação nitrogenada em cobertura.

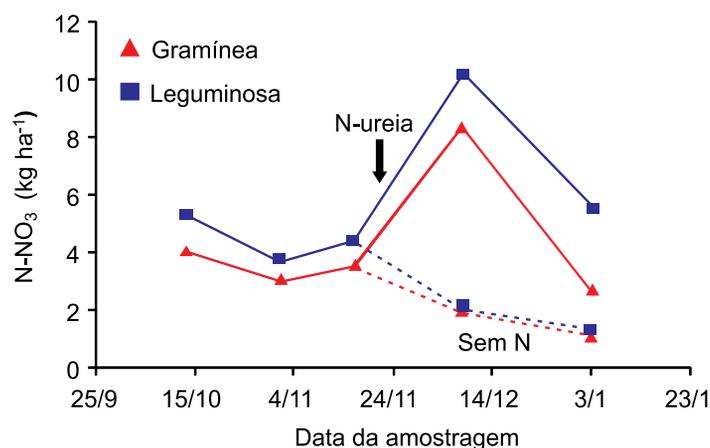


Figura 8. Quantidade de N-NO₃ no solo, na camada de 0-0,4 m de profundidade, durante o desenvolvimento da cultura do milho sobre palhada de gramíneas e leguminosas, com (linha contínua) e sem (linha pontilhada) aplicação de N em cobertura. A aplicação de ureia (200 kg ha⁻¹) foi realizada ao lado da linha e incorporada a 0,05 m de profundidade em metade da parcela. Experimento realizado por Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão, PR, 2005.

Verifica-se que a palhada de leguminosas proporcionou maior quantidade de N-NO₃ no solo, quando comparada com a palhada de gramíneas, mesmo após a aplicação do N em cobertura. O pico de N-NO₃ em meados de dezembro está associado à aplicação do fertilizante nitrogenado em cobertura na cultura do milho.

A quantidade de N-NO₃ no solo foi relacionada ao teor de N nas folhas de milho. Na Figura 9A, observa-se que o teor de N nas folhas de milho sobre palhada de leguminosas foi maior do que o obtido sobre palhada de gramíneas. A aplicação da cobertura nitrogenada não foi suficiente para que o teor de N nas folhas de milho sobre palhada de gramíneas atingisse o teor observado nas folhas de milho sobre palhada de leguminosas. Esse resultado indica que a eficiência de absorção/utilização do N pelo milho é menor quando este é aplicado sobre a palhada de gramíneas, comparada à aplicação do N sobre a palhada de leguminosas.

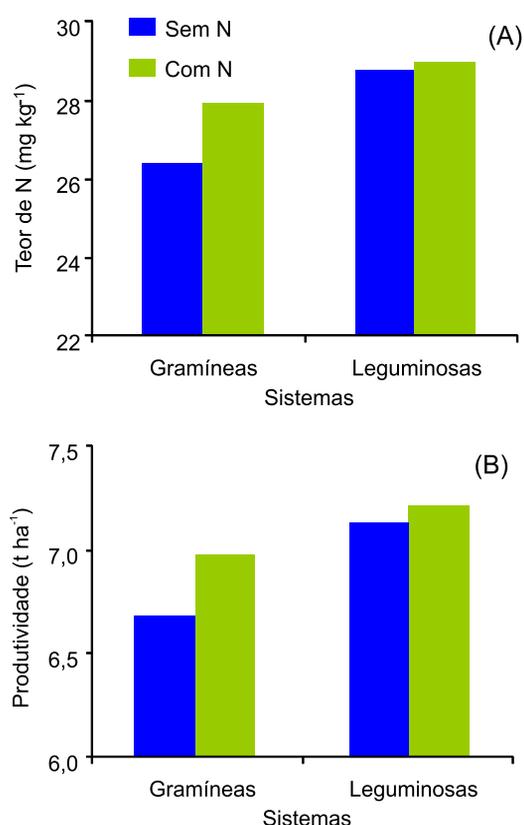


Figura 9. Teor de N nas folhas de milho no estágio de florescimento (A) e produtividade de milho (B) cultivado sobre palhada de gramíneas e leguminosas, com e sem aplicação de N em cobertura. A aplicação de ureia (200 kg ha⁻¹) foi realizada ao lado da linha e incorporada a 0,05 m de profundidade em metade da parcela. Experimento realizado por Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão, PR, 2005.

A produtividade do milho, na mesma safra, foi menor quando o cultivo foi realizado sobre palhada de gramíneas, em relação à palhada de leguminosas, sem a aplicação de N em cobertura (Figura 9B). Nota-se que essa tendência foi mantida mesmo com a aplicação de N em cobertura. É interessante ressaltar que a produtividade do milho cultivado sobre palhada de gramíneas, mesmo com a aplicação de N, não ultrapassou a produtividade do milho cultivado sobre palhada de leguminosas sem a aplicação de N em cobertura. Isso indica que o N fornecido pela palhada de leguminosas foi equivalente ao N aplicado em cobertura (90 kg ha⁻¹ de N).

Considerando os resultados apresentados, conclui-se que o planejamento do sistema de rotação de culturas deve ser feito de modo que, antecedendo ao milho de verão, sejam utilizadas de preferência espécies leguminosas ou gramíneas para a cobertura do solo, como, por exemplo, a aveia. Isso aumenta a produtividade do milho e/ou racionaliza a quantidade de fertilizantes nitrogenados utilizados, com reflexos positivos sobre a redução dos custos de

produção e a preservação ambiental. O cultivo de milho de verão após o milho safrinha ou o trigo implica em aumento da necessidade de adubação nitrogenada ou redução da produtividade.

5.3 Milho safrinha

O milho safrinha é uma importante alternativa para intensificar o uso da terra e, assim, aumentar a renda do produtor rural. No entanto, é motivo de preocupação o fato de que muitos produtores têm adotado o sistema milho safrinha/soja de forma contínua, chegando o sistema a representar até 85% da área cultivada nos municípios da região oeste do Paraná (SIQUEIRA e CASÃO JUNIOR, 2006).

Os restos vegetais produzidos pelo milho safrinha, embora em quantidades próximas a 6 t ha⁻¹, não proporcionam cobertura satisfatória do solo. Tal constatação é ilustrada na Figura 10, onde se observa que 5,9 t ha⁻¹ de restos vegetais de milho safrinha proporcionaram uma cobertura do solo equivalente a 60%, enquanto 4,5 t ha⁻¹ de palhada de trigo foram suficientes para cobrir 90% da superfície do solo. A pouca cobertura do solo, além de favorecer a ocorrência e intensificação da erosão hídrica, aumenta a temperatura do solo e as perdas de água por evaporação durante o ciclo da soja.

Milho safrinha - 5.912 kg ha⁻¹ (60%)



Trigo - 4.508 kg ha⁻¹ (90%)



Figura 10. Produção de restos vegetais e porcentagem de cobertura do solo (entre parêntesis) proporcionada pelo milho safrinha e pelo trigo. Medição realizada sete dias antes da semeadura da soja. Experimento realizado pela Embrapa Soja, Londrina, PR, 2009.

Além disso, o cultivo do milho safrinha implica na realização da colheita da soja e da semeadura do milho durante os meses mais chuvosos do ano (janeiro-fevereiro) e, portanto, caracterizados por elevado conteúdo de água no solo. Isso, em conjunto com a produção insuficiente de restos vegetais, tem resultado na formação

de camadas compactadas de solo capazes de restringir o desenvolvimento radicular da soja e do próprio milho (FRANCHINI et al., 2009). Para piorar a situação, muitas vezes os produtores utilizam a grade niveladora para eliminar plantas daninhas que se estabelecem durante a entressafra, bem como picar os restos de milho e, assim, facilitar a semeadura da soja em sequência. Embora aparentemente inofensiva, esta operação, além de diminuir a cobertura do solo, acelera o processo de mineralização da MOS, cujo maior acúmulo no SPD ocorre justamente na camada superficial mobilizada pela gradagem. Dessa forma, o uso contínuo da sucessão milho safrinha/soja tem sido associado ao aumento do risco de perdas de produtividade da soja e do milho em função da ocorrência de períodos de deficiência hídrica.

A sucessão milho safrinha/soja também tem contribuído para o aumento da infestação de algumas espécies de plantas daninhas, dentre as quais se destaca a buva (*Conyza* spp.). Trata-se de uma espécie que produz grande quantidade de sementes de fácil dispersão pela água e pelo vento, sendo capaz de reduzir a produtividade da soja em até 48% (GAZZIERO et al., 2010a). O controle químico da buva tem se tornado ainda mais difícil e caro devido ao surgimento de biótipos resistentes ao glifosato. O cultivo do milho safrinha também implica na manutenção da área sob pousio por um período de aproximadamente três meses (meados de julho a meados de outubro). Esse período coincide com o pico de germinação das sementes de buva, que ocorre em julho e agosto. Comparando áreas cultivadas com aveia e milho durante o outono-inverno, Gazziero et al. (2010b) observaram que a cobertura morta proporcionada pela aveia resultou em plantas de buva com menor altura no momento da dessecação em pré-semeadura da soja, o que facilitou o controle químico dessa invasora. Assim, após a colheita do milho safrinha, a ausência de cultura viva na área, associada à baixa cobertura do solo pelos restos de cultivo de milho, favorece a emergência e o estabelecimento da buva, aumentando os níveis de infestação e, conseqüentemente, os custos para seu controle. Portanto, o emprego de sistemas de rotação de culturas que envolvam espécies vegetais (solteiras ou em consórcio) capazes de prover cobertura viva e/ou morta do solo, particularmente durante os meses de pico de germinação e emergência de buva, constitui-se em uma prática efetiva para reduzir os níveis populacionais dessa planta daninha.

É importante levar em consideração que o cultivo contínuo do milho safrinha no outono-inverno, além de prejudicar o desempenho da soja, também pode exercer efeitos negativos sobre a produtividade do próprio milho. Na Figura 11, verifica-se que a redução da proporção da área ocupada por milho safrinha de 100% (cultivo contínuo) para 50% (uma safra a cada dois anos) resultou em aumento de 15% na produtividade média da cultura nas safras entre 2002 e 2010. Assim, a rotação de culturas no inverno foi favorável à produtividade do milho safrinha em relação ao seu cultivo contínuo.

A influência da rotação de culturas sobre a produtividade do milho safrinha também pode ser observada nos dados obtidos na safra 2010 (Figura 12). A produtividade de milho safrinha em 2010 foi aumentada em 2,74 t ha⁻¹ quando a cultura foi semeada após a sequência aveia + nabo forrageiro/soja, comparativamente à média das sequências trigo/milho de verão e milho safrinha/milho de verão. A maior produtividade do milho safrinha implantado após a soja em relação ao milho de verão indica que, no planejamento do sistema de rotação de culturas, o produtor deve evitar o cultivo de milho safrinha em sequência ao milho de verão.

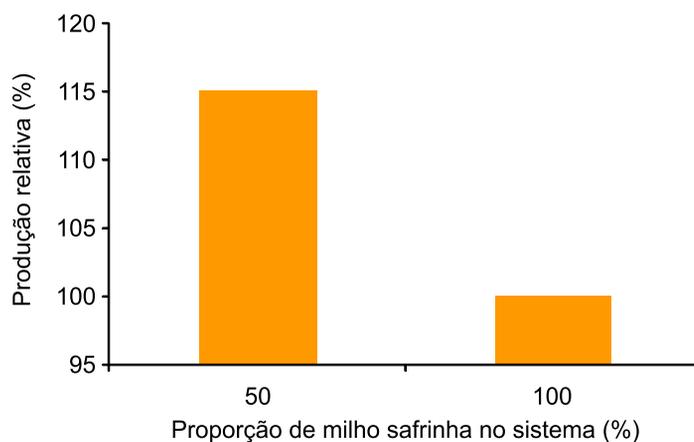


Figura 11. Produtividade relativa média de milho safrinha nas safras entre 2002 e 2010 em sistemas de culturas com proporção variável da cultura no inverno. Experimento realizado por Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão, PR.

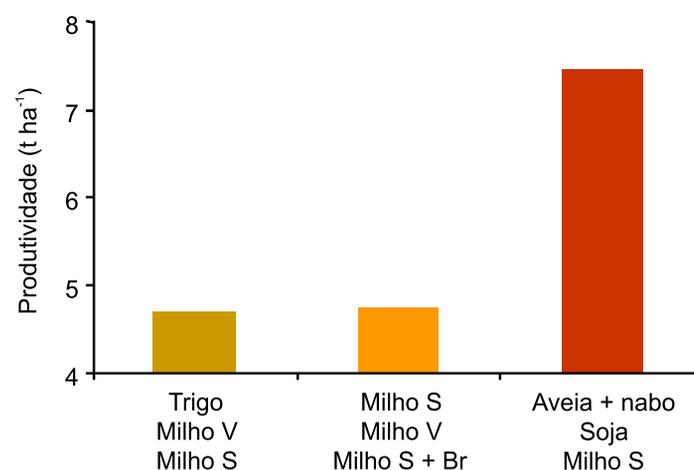


Figura 12. Produtividade de milho safrinha em diferentes sistemas de culturas. Milho V = milho verão; Milho S = milho safrinha; Br = *Brachiaria ruziziensis*. Experimento realizado por Embrapa/Coamo, Campo Mourão, PR, 2010.

5.4 Trigo

O trigo tem se mostrado como uma das culturas de grãos que mais respondem, em termos de aumento de produtividade e redução de custos, à rotação de culturas. A partir dos dados obtidos nas safras entre 2002 e 2010 em Campo Mourão, PR, foi possível determinar o efeito da rotação de culturas sobre a produtividade do trigo. A Figura 13 mostra que a produtividade média relativa do trigo aumentou quando a proporção de área ocupada pela cultura no inverno caiu de 100% (cultivo contínuo) para 25% (uma safra a cada 3 anos).

Os benefícios da rotação de culturas para o trigo podem ser atribuídos principalmente à diminuição da incidência e severidade de algumas doenças radiculares e da parte aérea da cultura [*Gaeumannomyces graminis* (mal-do-pé), *Bipolaris sorokiniana* (podridão comum), *Drechslera tritici-repentis* (mancha amarela da folha), *Stagonospora nodorum* (mancha da folha) e *Bipolaris sorokiniana* (helminthosporiose)] (SANTOS e REIS, 2001).

Na Figura 14, são apresentados os dados de produtividade do trigo em função do número de safras nas quais foi cultivado em sequência, em diferentes sistemas de culturas, em Londrina, PR. Nota-se que a produtividade do trigo diminuiu à medida que este foi repetido na área a cada inverno, até atingir o valor mínimo quando foi cultivado todos os anos no inverno (sucessão

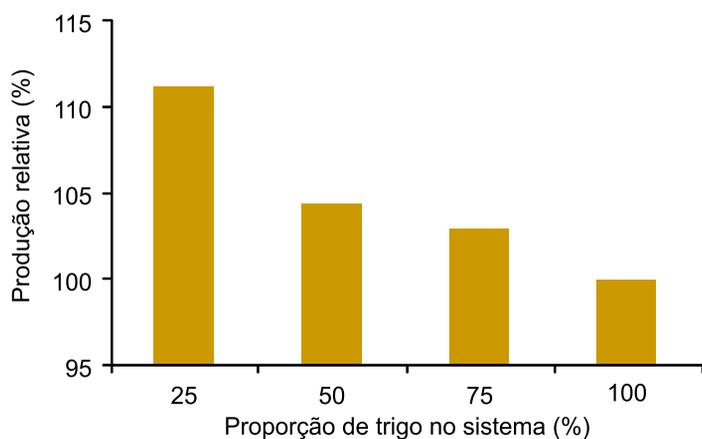


Figura 13. Produtividade relativa média de trigo nas safras entre 2002 e 2010 em sistemas de culturas com proporção variável da cultura no inverno. Experimento realizado por Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão, PR, 2010.

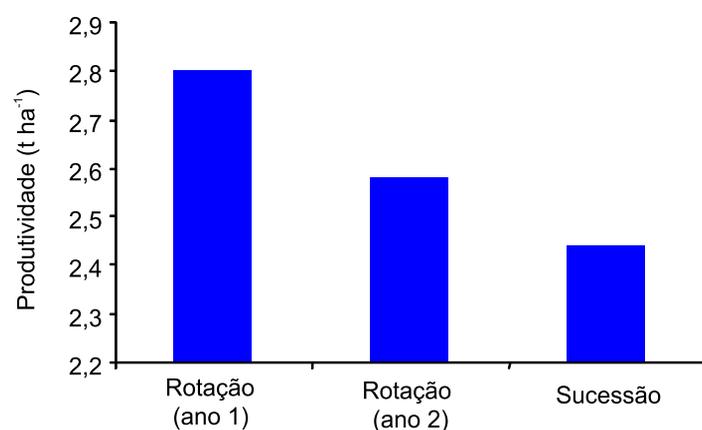


Figura 14. Produtividade média do trigo (1995 a 2008) na sucessão de culturas (trigo/soja) e no primeiro e segundo ano de cultivo em cada ciclo da rotação de culturas (tremoço/milho – aveia/soja – trigo/soja – trigo/soja). A produtividade do trigo foi considerada em três situações: a) Rotação (ano 1): primeiro inverno após o cultivo da aveia, média de quatro safras; b) Rotação (ano 2): segundo inverno de trigo após a aveia, média de quatro safras; e c) Sucessão: trigo contínuo, média de 13 safras. Experimento realizado por Embrapa Soja, Londrina, PR, 2010.

de culturas). É importante ressaltar que, mesmo para a segunda safra de trigo dentro de cada ciclo de rotação, a produtividade da cultura foi mais elevada em relação à sucessão trigo/soja. Diante dessas constatações, pode-se inferir que, em regiões caracterizadas por invernos menos rigorosos, como o norte e o oeste do Paraná, é possível o cultivo de trigo por até dois invernos seguidos numa mesma área em sistemas de rotação de culturas.

6 UTILIZAÇÃO DE FORRAGEIRAS TROPICAIS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE SOJA

Em anos recentes, a inserção de forrageiras tropicais em sistemas de sucessão ou rotação com a soja tem se mostrado uma alternativa viável para conferir sustentabilidade à produção dessa cultura. Em regiões onde as condições de clima e solo são favoráveis à produção de grãos, como o norte e o oeste do Paraná, as forrageiras tropicais têm sido cultivadas em sistemas de sucessão com a soja, permanecendo na área apenas durante a entressafra. Nessas regiões, o objetivo principal é utilizar as forrageiras para aumentar a produção de palhada e recuperar a qualidade do solo,

podendo, ainda, eventualmente, serem utilizadas para pastejo. Embora outras espécies possam ser utilizadas para essa finalidade, como algumas cultivares de *Brachiaria brizantha*, a forrageira mais utilizada tem sido a *Brachiaria ruziziensis*, devido principalmente a maior facilidade de dessecação e a menor formação de touceiras, o que facilita a semeadura da soja em sequência.

A utilização de braquiárias, tanto em cultivo solteiro quanto em consórcio com milho safrinha, aumenta a produtividade da soja, principalmente em anos caracterizados pela ocorrência de secas. Isso é comprovado pela Figura 15, onde são apresentados os dados de produtividade da soja implantada em sequência a diferentes culturas de outono-inverno, em Londrina, PR, nas safras 2007/08 e 2008/09. Verifica-se que, em ambas as safras, a produtividade da soja nos tratamentos *B. brizantha* cv. “Xaraes” e *B. ruziziensis* foi cerca de 300 kg ha⁻¹ maior comparativamente ao milho safrinha e ao trigo.

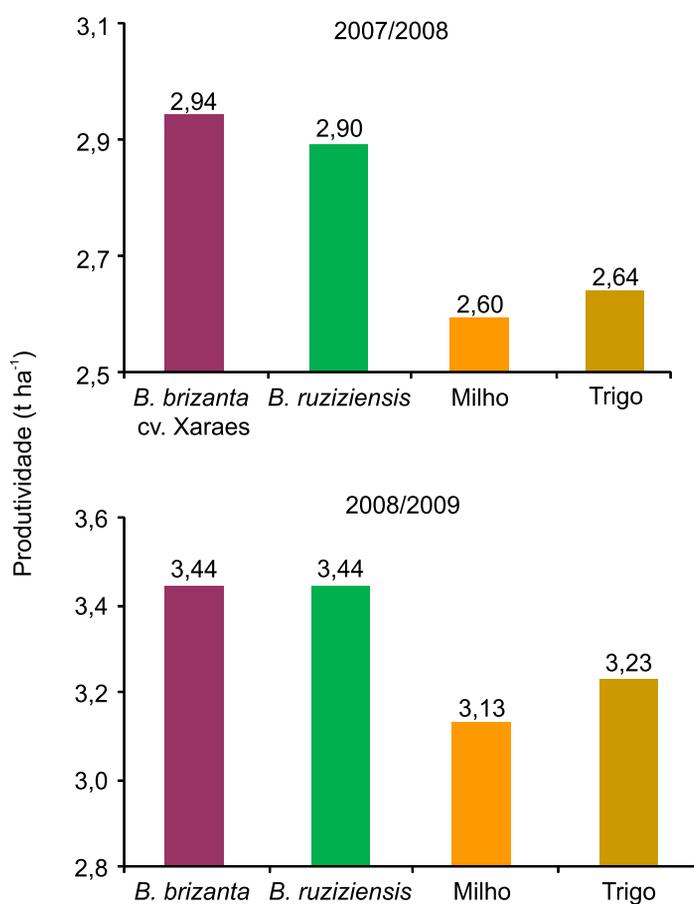


Figura 15. Produtividade da soja nas safras 2007/2008 e 2008/2009 em função de diferentes culturas de outono-inverno. Experimento realizado pela Embrapa Soja, Londrina, PR, 2010.

O aumento de produtividade da soja em áreas ocupadas por forrageiras tropicais solteiras ou consorciadas ao milho no outono-inverno deve-se ao aumento da cobertura morta proporcionada pelas espécies forrageiras (Tabela 3), o que, além de proteger o solo contra a erosão e dificultar o estabelecimento de plantas daninhas, diminui a temperatura do solo e as perdas de água por evaporação. Cabe salientar, ainda, que as forrageiras tropicais mantêm o solo sob cobertura viva na entressafra da soja durante um período mais longo do que o milho safrinha, o que é vantajoso em termos de conservação do solo e de controle das plantas daninhas.

Tabela 2. Produção de palhada por diferentes opções de culturas de outono-inverno. Experimento realizado pela Embrapa Soja, Londrina, PR, 2009.

Sistema	Milho	Braquiária
	----- (t ha ⁻¹) -----	
Milho solteiro	5.912	-
Milho + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	4.599	4.080
Milho + <i>Brachiaria brizantha</i>	4.181	3.880
<i>Brachiaria ruziziensis</i> solteira	-	9.610
<i>Brachiaria brizantha</i> solteira	-	11.536

As forrageiras tropicais se destacam também pela capacidade de melhorar a qualidade física do solo, mesmo quando mantidas na área apenas durante o período de outono-inverno (FRANCHINI et al., 2009). Como resultado da diminuição do grau de compactação do solo, a soja implantada sobre palhada de *B. ruziziensis* produziu 50% a mais de raízes em todas as camadas de solo, até 1 m de profundidade, quando comparada à soja cultivada sobre palhada de milho safrinha (FRANCHINI et al., 2009). O aumento do desenvolvimento radicular da soja em profundidade, associado a maior disponibilidade hídrica em função da cobertura e da melhor estrutura do solo, confere à soja maior resistência a períodos de estresse hídrico por deficiência.

Com relação ao consórcio do milho safrinha com forrageiras tropicais, o sistema que vem sendo mais utilizado, quando o objetivo principal é recuperar o solo e aumentar a quantidade de palhada, é aquele em que a espécie forrageira é implantada em uma linha localizada na entrelinha da cultura do milho. O efeito do consórcio sobre a produtividade do milho safrinha nos anos de 2007 a 2009, em trabalho conduzido em Londrina, PR, é mostrado na Figura 16. Nesse trabalho não foi realizada a supressão da forrageira com herbicidas em nenhuma das safras avaliadas. A consorciação com *B. ruziziensis* provocou reduções na produtividade do milho equivalentes a 6,7% e 6,9% nas safras 2007 e 2008, respectivamente. Nas duas safras, a diminuição da produtividade do milho quando consorciado à *B. brizantha* cv. “Xaraes” foi menor comparativamente à do consórcio com *B. ruziziensis*. Já na safra 2009, a produtividade do milho consorciado com *B. brizantha* cv. “Xaraes” e *B. ruziziensis* foi ligeiramente superior à do milho solteiro. Como os tratamentos foram implantados durante os três anos sobre as mesmas áreas, esses resultados evidenciam que as melhorias na qualidade do solo em virtude do uso do consórcio proporcionaram ao milho melhor desenvolvimento mesmo em competição com a forrageira.

Trabalhos de pesquisa realizados em outras regiões têm demonstrado que o impacto do consórcio com forrageiras tropicais sobre a produtividade do milho safrinha varia de +2% até -20% (CECCON, 2008). Isso ocorre porque a produtividade do milho safrinha, quando consorciado a forrageiras tropicais, depende da espécie forrageira, das características do híbrido de milho utilizado, das condições de clima e solo e da população de plantas empregada, tanto da forrageira quanto do milho. Desta forma, para o sucesso do consórcio, é importante minimizar a competição entre o milho e a forrageira. Caso isso não seja possível, sob condições que favoreçam o desenvolvimento da forrageira em detrimento do milho (híbrido de porte baixo e folhas eretas, alta população da forrageira, deficiência hídrica, entre outras), pode-se suprimir o desenvolvimento inicial da forrageira mediante o uso de herbicidas seletivos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados de pesquisa comprovam que a rotação de culturas é uma prática viável para promover a sustentabilidade da produção agrícola. É preciso que os profissionais da assistência técnica e os agricultores considerem a rotação de culturas como um investimento na propriedade, cujo retorno irá ocorrer a médio e longo prazo. Do mesmo modo, é importante levar em consideração que os benefícios da rotação de culturas não se limitam ao aumento da produtividade, mas também à melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, bem como à redução na ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas. Nesse sentido, a rotação de culturas é uma prática fundamental para aumentar a estabilidade da produção das culturas em todas as regiões do país. Notadamente no Paraná, face às variações climáticas comumente observadas na região, a rotação de culturas é importante não somente pela promoção da qualidade do solo e produção de cobertura, mas também por proporcionar a diversificação de cultivares e o escalonamento da época de semeadura.

Além disso, a rotação de culturas reduz os custos de produção pela racionalização no uso dos insumos e equipamentos agrícolas. A utilização de diferentes espécies vegetais para produção de grãos e/ou forragem possibilita, ainda, a diversificação da renda da propriedade, reduzindo o risco mercadológico e climático inerente à produção agropecuária.

O desempenho econômico, ambiental e social da agricultura paranaense é bom, mas pode ficar ainda melhor com o adequado planejamento do sistema de produção por meio da rotação de culturas.

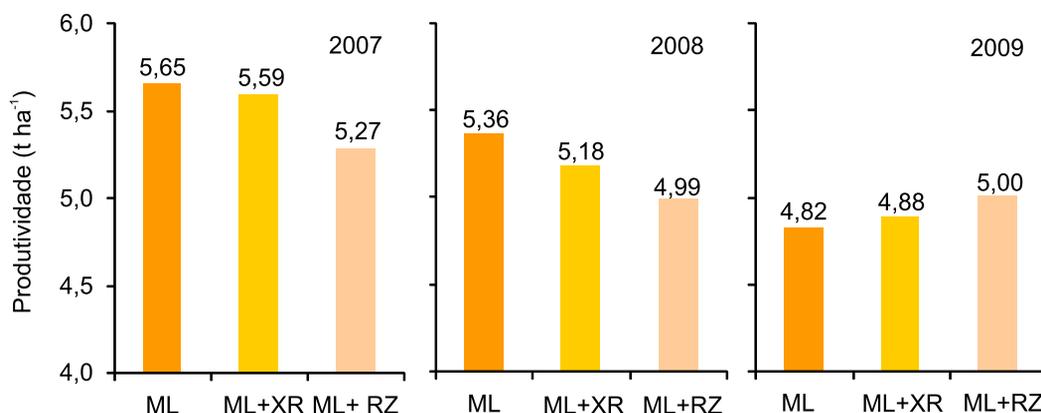


Figura 16. Produtividade do milho solteiro (ML) e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. “Xaraes” (XR) e *Brachiaria ruziziensis* (RZ), durante três safras. Experimento realizado pela Embrapa Soja, Londrina, PR, 2010.

§ LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. S. **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 399 p.
- BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. E.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-ill subtropical agriculture. *Global Change Biology*, v. 16, p. 784-795, 2010.
- BORKERT, C. M.; GAUDENCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA-JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.
- BROWN, G. G.; PASINI, A.; OLIVEIRA, L. J.; KORASAKI, V.; SAUTTER, K. D.; PEREIRA, S. D.; TORRES, E. A vida do solo no sistema plantio direto: macro, micro e mesofauna, suas funções e importância. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHADA, 11., 2008, Londrina. *Anais...* Londrina: FEBRAPDP, 2008.
- CATTELAN, J. C.; GAUDÊNCIO, C. A.; SILVA, T. A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os micro-organismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, n. 2, p. 293-301, 1997a.
- CATTELAN, J. C.; TORRES, E.; SPOLADORI, C. L. Sistemas de preparo com a sucessão trigo/soja e os micro-organismos do solo, em Londrina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, n. 2, p. 303-311, 1997b.
- CECCON, G. **Milho safrinha com braquiária em consórcio**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 140).
- DERAL. **Tabela dinâmica de produção agrícola por município**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 14/11/2010.
- FRANCHINI, J. C.; SARAIVA, O. F.; DEBIASI, H.; GONÇALVES, S. L. **Contribuição de sistemas de manejo do solo para a produção sustentável da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 58).
- FRANCHINI, J. C.; CRISPINO, C. C.; SOUZA, R. A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 92, n. 1-2, p. 18-29, 2007.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 39 p. (Embrapa Soja. Documentos, 314).
- GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; VARGAS, L.; FORNAROLI, D. A.; KARAM, D.; CERDEIRA, A. L.; MATALLO, M. B.; OSIPE, R.; ZOIA, L.; SPENGLER, A. N. Manejo de buva em áreas cultivadas com milho safrinha e aveia. In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: SBCPD, 2010b. 1 CD-ROM.
- GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; VOLL, E.; VARGAS, L.; KARAM, D.; MATALLO, M. B.; CERDEIRA, A. L.; FORNAROLI, D. A.; OSIPE, R.; SPENGLER, A. N.; ZOIA, L. Interferência da buva em áreas cultivadas com soja. In: CONGRESSO BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 27., 2010, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: SBCPD, 2010a. 1 CD-ROM.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. *Applied Soil Ecology*, v. 42, n. 3, p. 288-296, 2009.
- PEREIRA, A. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L. M. O.; CAMPO, R. J.; TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 6, p. 1397-1412, 2007.
- SANTOS, H. P.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.
- SILVA, A. P.; BABUJIA, L. C.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, R. A.; HUNGRIA, M. Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in short and long-term experiments in Brazil. *Field Crops Research*, v. 119, n. 1, p. 20-26, 2010.
- SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R. Difusão de técnicas para a melhoria da qualidade do plantio direto: impacto do projeto e bases referenciais para planejamento. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. (Ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2006. p. 191-200.
- TORRES, E.; NEUMAIER, N.; GARCIA, A. Sucessão soja x aveia preta. In: **Resultados de pesquisa de soja**. v. 2. Londrina: Embrapa Soja, 1996. p. 336-341. (Embrapa Soja. Documentos, 99).
- TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).
- ZILLI, J. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. C.; NEVES, M. C. P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.

ATENÇÃO!!

ASSINANTE DO JORNAL INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

**A data limite para o cadastramento foi postergada para
AGOSTO de 2011.**

Não perca tempo!!

**Faça já o seu cadastramento para continuar a receber
gratuitamente o nosso jornal!**