

CP
Do
Nº

Ministério
da Agricultura
e do Abastecimento

ISSN 1516-845X

ISSN 1517-8498

WORKSHOP

NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA



0
9a
0
2004.00459

ANAIIS

Anais...

2000

PC - 2004.00459



27324 - 1

rapa

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Fernando Henrique Cardoso

Presidente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Marcos Vinícius Pratini de Moraes

Ministro

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida

Presidente

Alberto Duque Portugal

Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast

José Honório Accarini

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal

Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari

Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha

José Roberto Rodrigues Peres

Diretores

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE

José Ubirajara Garcia Fontoura

Chefe-Geral

Júlio Cesar Salton

Chefe Adjunto de Pesquisa e
Desenvolvimento

Josué Assunção Flores

Chefe Adjunto de Administração

EMBRAPA AGROBIOLOGIA

Maria Cristina Prata Neves

Chefe-Geral

Sebastião Manhães Souto

Chefe Adjunto de Pesquisa e
Desenvolvimento

Vanderlei Pinto

Chefe Adjunto de Administração

ISSN 1516-845X
ISSN 1517-8498

**Workshop:
Nitrogênio na Sustentabilidade
de Sistemas Intensivos de
Produção Agropecuária**

13 a 15 de junho de 2000
Dourados, MS

A N A I S

Editado por Fábio Martins Mercante

Embrapa

***Agropecuária Oeste
Agrobiologia***

Dourados, MS
2000

Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26.
Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Agropecuária Oeste

Área de Comunicação Empresarial - ACE

BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó - Caixa Postal 661

Fone: (67) 425-5122 - Fax (67) 425-0811

79804-970 Dourados, MS

E-mail: sac@cpao.embrapa.br

COMITÊ DE PUBLICAÇÕES DA EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE:

Júlio Cesar Salton (Presidente), André Luiz Melhorança, Clarice Zanoni Fontes
Edelma da Silva Dias, Eliete do Nascimento Ferreira, Henrique de Oliveira, José
Ubirajara Garcia Fontoura, Luís Armando Zago Machado e Luiz Alberto Staut

PRODUÇÃO GRÁFICA:

Coordenação: Clarice Zanoni Fontes

Editoração eletrônica: Eliete do Nascimento Ferreira

Revisão: Eliete do Nascimento Ferreira

Normalização: Eli de Lourdes Vasconcelos

Capa: Nilton Pires de Araújo

TIRAGEM: 1.000 exemplares

IMPRESSÃO: Gráfica Seriemá - (67) 422-4664

Embrapa
Unidade: *Hi. Secl*
Valor aquisição: _____
Data aquisição: _____
Nº de registro: _____
Fornecedor: _____
Nº 000: _____
Outros: _____
Nº Registro: *000459/04*

CIP-Catálogo-na-Publicação
Embrapa Agropecuária Oeste

Workshop Nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária, 2000, Dourados, MS.

Anais do Workshop ... / editado por Fábio Martins Mercante. — Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000.

163p. il. — (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 26; Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128.

ISSN 1516-845X (Embrapa Agropecuária Oeste)

ISSN 1517-8498 (Embrapa Agrobiologia)

1. Conservação do solo. 2. Plantio direto. 3. Nitrogênio - Agricultura - Integração - Pecuária - Pastagem. 4. Agricultura - Integração - Pecuária. 5. Pecuária - Integração - Agricultura. 6. Agricultura sustentável. 7. Pastagem - Nitrogênio. 8. Nitrogênio. I. Mercante, F.M. ed. II. Título. III. Série: Embrapa Agrobiologia. Documentos, 128.

CDD 631.451

ORGANIZAÇÃO:



***Agropecuária Oeste
Agrobiologia***

COMISSÃO ORGANIZADORA:

Fábio Martins Mercante (Presidente)

Júlio César Salton

Fernando de Assis Paiva

Amoacy Carvalho Fabricio

Luiz Alberto Staut

Luís Armando Zago Machado

Clarice Zanoni Fontes

PATROCÍNIO:

BASF



APOIO:

FUNDECT

***Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino,
Ciência e Tecnologia - MS***

Os trabalhos contidos nesta publicação são de inteira responsabilidade de seus autores.

APRESENTAÇÃO

A dinâmica de nutrientes no solo, especialmente nitrogênio (N), apresenta uma importância destacada no manejo de sistemas sustentáveis de produção agrícola. Nesse contexto, a adoção do sistema de plantio direto na palha vem sendo intensificada em diversas regiões do Brasil e apresenta uma demanda eminente de pesquisas sobre as transformações de nutrientes durante o ciclo das diferentes culturas utilizadas em rotação. Além disso, a dinâmica do N atua como fator determinante na produtividade e degradação de pastagens cultivadas.

Considerando-se que o N é o nutriente mineral mais dinâmico do solo, o seu uso e manejo devem ser os mais adequados possível, visando à maximização da sua eficiência e à redução de suas perdas em sistemas intensivos de produção agropecuária.

Neste sentido, o "Workshop: Nitrogênio na Sustentabilidade de Sistemas Intensivos de Produção Agropecuária" foi proposto com o objetivo de promover debates relacionados com a dinâmica de nitrogênio no solo, visando a implementação de um manejo sustentável em função das diferentes culturas utilizadas nos sistemas intensivos de produção agropecuária.

A realização desse evento foi possível graças à parceria entre dois centros de pesquisa da empresa.

JOSÉ UBIRAJARA GARCIA FONTOURA

Chefe Geral da Embrapa Agropecuária Oeste

MARIA CRISTINA PRATA NEVES

Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

SUMÁRIO

PALESTRAS

TRANSFORMAÇÕES DO NITROGÊNIO EM ROTAÇÕES DE CULTURAS SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO <i>Bruno Rodrigues Alves, Lincoln Zotarelli, Robert M. Boddey, Segundo Urquiaga.....</i>	9
DINÂMICA DO NITROGÊNIO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA REGIÃO SUL DO BRASIL <i>Carlos Ceretta.....</i>	32
FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO COM A CULTURA DA SOJA <i>Mariangela Hungria, Rubens J. Campo, Ieda C. Mendes...</i>	51
CONTRIBUIÇÃO DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM SISTEMAS PRODUTIVOS E NA SUSTENTABILIDADE DOS ECOSISTEMAS <i>Avílio Antonio Franco, Fabiano de Carvalho Balieiro.....</i>	76
A INTEGRAÇÃO LAVOURA E PECUÁRIA COMO ALTERNATIVA DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS <i>Manuel Claudio Motta Macedo.....</i>	90
INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA EM MATO GROSSO DO SUL - A EXPERIÊNCIA DA FUNDAÇÃO MS <i>Dirceu Luiz Broch.....</i>	105

A DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS E O CICLO DO NITROGÊNIO <i>Robert M. Boddey, Bruno J. R. Alves, Octávio C. de Oliveira, Segundo Urquiaga.....</i>	110
ALTERNATIVAS DE MANEJO DE PASTAGEM PARA MELHOR APROVEITAMENTO DO NITROGÊNIO DO SOLO <i>Roza Maria Schunke.....</i>	125
COBERTURAS VERDES EM SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO <i>Ademir Calegari.....</i>	141
 <u>VIDEOCONFERÊNCIA</u>	
RESEARCH ON MINIMUM TILLAGE, COVER CROPS, AND FARMING SYSTEMS <i>John R. Teasdale - USDA/ARS (Relator: Fernando de Assis Paiva).....</i>	154
RELAÇÃO DE PARTICIPANTES.....	158

TRANSFORMAÇÕES DO NITROGÊNIO EM ROTAÇÕES DE CULTURAS SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO

*Bruno J. R. Alves, Lincoln Zotarelli, Robert M. Boddey,
Segundo Urquiaga
Embrapa Agrobiologia, Caixa Postal 74.505,
23851-970 Seropédica - Rio de Janeiro.*

INTRODUÇÃO

O nitrogênio ocupa uma posição única entre os elementos derivados do solo, essenciais para o desenvolvimento de plantas e microrganismos, especialmente pelas altas quantidades exigidas pela maioria das culturas e pela biomassa microbiana do solo, em comparação aos demais nutrientes. A deficiência de N nos tecidos das plantas é identificada pelo retardo no crescimento e amarelecimento da parte aérea, enquanto para os microrganismos a deficiência de N se traduz na alteração da atividade, diversidade e tamanho das populações no solo. Para a maioria das regiões agrícolas do País, os solos não permitem um suprimento de N suficiente para garantir a plena demanda das culturas, o que é, na maioria das vezes, contornado com a adição de fertilizantes. Alternativamente, leguminosas capazes de acumular suficiente quantidade de N derivado da fixação biológica de nitrogênio (FBN) também são utilizadas, em sistema de plantio em rotação, para suprir, de forma indireta, às necessidades de N das culturas principais (ver o trabalho de Calegari et al., nestes Anais). A maior ou menor eficiência de uso de cada fonte de N do sistema dependerá do sincronismo entre a disponibilidade de N do solo e da demanda de N pela cultura, em que o resultado líquido, juntamente aos fatores edafoclimáticos, definirá a magnitude das perdas de N do sistema. Esta condição está intimamente relacionada com a disponibilidade e qualidade de resíduos existentes no solo, cujo entendimento adquire especial importância uma vez que a prática de plantio direto vem ganhando cada vez mais espaço na agricultura nacional.

Da safra 1989/90 à safra 1999/2000, cerca de 12 Mha, aproximadamente 20% da área agrícola nacional, passaram a ser manejados dentro do Sistema Plantio Direto, sendo que, na região dos

Cerrados, a adoção deste sistema passou a ocorrer somente nesta última década (Fig 1).

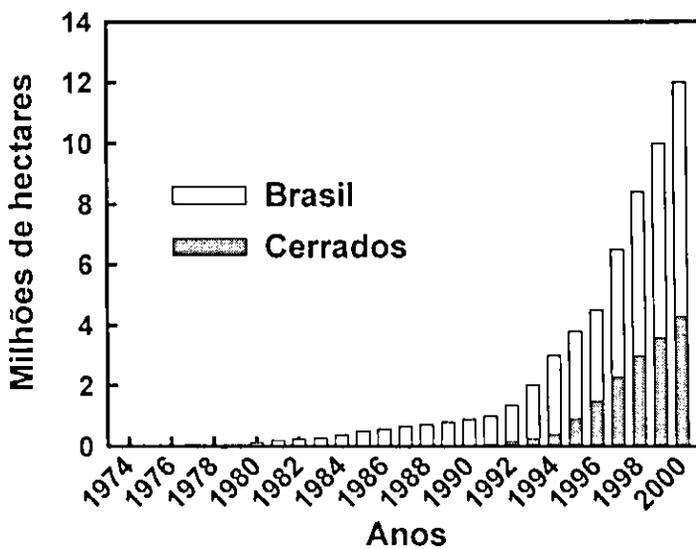


FIG. 1. Evolução da adoção do Sistema Plantio Direto no Brasil e na área agrícola dos Cerrados. Informação gentilmente fornecida pelo Dr. Pedro de Freitas (*Embrapa Solos*).

A manutenção de uma cobertura morta sobre o solo, no Sistema Plantio Direto, faz com que a temperatura do solo sofra menores oscilações pelo efeito da radiação solar, e com que a evaporação da água do solo diminua, mantendo-se úmido por um maior intervalo de tempo (Gassen e Gassen, 1996). A distribuição da matéria orgânica e dos nutrientes é alterada, concentrando-se na superfície do solo. Estas alterações, estimulam uma maior atividade biológica na superfície do solo, que aumenta em número e em diversidade (Hungria et al., 1997a). Todas estas alterações trazem implicações para a dinâmica do N no sistema solo-planta, e o entendimento das alterações nos processos que compõem o ciclo do N torna-se fundamental para o adequado manejo da fertilização nitrogenada do sistema.

FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

A principal via natural responsável pela compensação das perdas de N do sistema solo-planta é a fixação biológica de nitrogênio (FBN). Este processo nada mais é do que a transformação do N_2 atmosférico em NH_4 , intermediado pela enzima nitrogenase presente nas bactérias diazotróficas. A simbiose das leguminosas com bactérias do solo denominadas rizóbio já é bem caracterizada e, para muitas espécies de leguminosas pode ser maximizada através da inoculação com estirpes mais eficientes. O N fixado entra definitivamente no sistema através dos resíduos de colheita que são deixados sobre o solo.

Na agricultura brasileira, poucas leguminosas produzem grãos de interesse econômico. Soja e feijão são, atualmente, as mais importantes, contudo como os grandes produtores de feijão manejam a cultura com a fertilização química, e, de maneira geral, a quantidade de N acumulada em seus resíduos de colheita é muito pequena, a contribuição da FBN para o sistema solo-planta através desta espécie é de pouca importância.

A cultura de soja, de origem asiática, é hoje a leguminosa de grão mais cultivada no mundo. No Brasil, neste último ano, esta cultura ocupou cerca de 13 milhões de hectares (Mha) ou 18% da área cultivada nacional, produzindo cerca de 30 milhões de toneladas de grãos. Esta cultura está muito difundida tanto na Região Sul como nos Cerrados, e hoje é considerada como a principal cultura de verão da agricultura nacional.

Pelo fato da soja ser uma leguminosa que forma uma simbiose de alta eficiência no processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), apresentando, frequentemente, de 70 a 85% do N acumulado em seus tecidos derivado deste processo (Giller and Wilson, 1993), os produtores a consideram como uma cultura que introduz grande quantidade de N no sistema. Deve-se destacar que, na maioria dos casos, especialmente nas áreas agrícolas da região dos Cerrados, a cultura de soja é a única leguminosa utilizada nas rotações de culturas.

Embora a cultura da soja apresente rendimentos que oscilam entre 2,4 a 4,5 Mg/ha, com contribuições da FBN da ordem de 200 kg/ha de N, os altos índices de colheita de N, característicos das variedades mais modernas, indicam que a maior parte do N derivado da FBN, ou mesmo quantidades de N superiores às derivadas do processo simbiótico, são exportadas com a colheita dos grãos (Peoples et al., 1995; Zotarelli et al., 1998; Alves et al., 1999a). Dessa forma, a eficiência do sistema simbiótico assume duas importantes funções: 1- Se o sistema simbiótico

é ineficiente, e o solo não possui N disponível para garantir a produção da cultura, somente a fertilização poderia garantir o desenvolvimento adequado da cultura; 2- Se o sistema simbiótico é eficiente, a cultura não sofrerá limitação de N em nenhum momento de seu desenvolvimento. No entanto, se o solo possui N disponível para garantir a produção da cultura, a FBN se torna "desnecessária", e o total de N exportado nos grãos poderá ser muito superior ao total de N fixado pela planta, o que deixará um balanço de N negativo para o sistema. Por outro lado, se o solo não pode suprir a demanda da cultura pelo N, o sistema simbiótico passa a complementar as necessidades da planta. Nesta última situação, quanto menor for a disponibilidade de N do solo, maior será a contribuição da FBN para a planta, até o ponto em que o balanço de N passaria a ser positivo para a cultura.

Em estudos realizados recentemente, tanto nos Cerrados (Uberlândia, MG) como na região Sul (Londrina, PR), encontrou-se que os sistemas de plantio direto e convencional não influenciaram diferentemente os rendimentos de grãos de soja, nem a quantidade de resíduos das plantas, nem o acúmulo de N pela cultura (Alves et al., 1999a; Zotarelli et al., 1998). Nestas áreas, o sistema de plantio convencional parece ter aumentado a disponibilidade de N do solo e assim, reduziu a contribuição da FBN para a soja, resultando em um balanço negativo de cerca de 20 kg/ha de N (Tabela 1). A menor massa seca de nódulos, observada nos primeiros meses de crescimento da soja, é uma das evidências de que possa ter ocorrido um aumento do N disponível no solo, sob plantio convencional.

O balanço de N pode ser ainda mais negativo em regiões de solos mais ricos em N ou em situações de pobre estabelecimento da simbiose. González et al. (1997) mostrou que, para o cultivo da soja nas condições da Argentina, para um rendimento de 3,8 Mg/ha, houve uma exportação de 178 kg/ha de N nos grãos, sendo que o N proveniente da FBN (33%) chegou a cerca de 79 kg/ha de N, causando um balanço negativo de cerca de 99 kg/ha de N por ciclo de cultivo. Chandel et al. (1989) registrou um balanço de -74,1 kg/ha de N para soja, que apresentou um índice de colheita de 87% e uma contribuição da FBN de 55% do total do N acumulado. Embora não seja exceção encontrar um balanço negativo de N para a cultura da soja, pode-se afirmar com segurança, que esta cultura não necessita ser fertilizada com N. Diversos estudos relatados por Hungria et al. (1997b), onde se adicionaram diversas doses de N na semeadura, ou na floração, de forma parcelada (chegou-se a investigar o efeito de uma dose de 400 kg/ha de N parcelados em dez

vezes), ou em dose única, mostraram claramente que a cultura da soja não responde à fertilização nitrogenada. Tal como se tenta demonstrar na Fig. 2, o processo de FBN é iniciado para a cultura da soja quando o N disponível do solo já não é mais suficiente para atender a demanda da cultura. No caso das áreas sob plantio direto, onde a disponibilidade de N do solo é baixa, principalmente nos primeiros anos de implantação, o processo de FBN é iniciado precocemente, o que não se observa em áreas de plantio convencional. Como mencionado, a destruição de agregados do solo pela mecanização estimula a mineralização do N orgânico do solo e aumenta a disponibilidade de N para a planta (Franzluebbers, 1999). Assim, a soja sob cultivo convencional tende a acumular uma percentagem de N derivado da FBN, inferior ao seu índice de colheita de N, deixando um déficit de N para o sistema.

Mais recentemente, a utilização da marcação do sistema radicular das leguminosas com ^{15}N para a estimativa do total de N derivado deste órgão, que entra no solo, após a colheita, tem revelado que o sistema radicular das culturas anuais pode contribuir com cerca de 30% do N total acumulado pela parte aérea da planta (McNeill et al., 1997). A extrapolação destes resultados para a cultura da soja pode alterar em muito os resultados de balanço de N para o sistema que têm sido reportados para esta cultura (Peoples e Herridge, 2000), no entanto, esta técnica necessita de mais respaldo científico.

Mesmo considerando que as raízes das leguminosas anuais poderiam contribuir um pouco mais para o aporte de N derivado da FBN para os sistemas agrícolas, os dados disponíveis até o momento mostram que somente a introdução de uma leguminosa para adubação verde dentro da rotação, poderia contribuir de forma significativa para aumentar o estoque de N do solo (Alves et al., 2000), podendo-se inclusive pensar em redução de fertilização com N (Callegari et al., 2000). A maioria das leguminosas usadas como adubo verde recebem significativas contribuições da FBN (Giller e Wilson, 1993) sem a necessidade da inoculação, e todo o N acumulado pela planta é deixado no sistema para a cultura posterior, que em teoria pode balancear com sobras o sistema, não sendo necessária a sua entrada com frequência. Em Londrina, PR, foi avaliada a rotação soja/trigo/soja/tremoço/milho/aveia, e os resultados de balanço de N (Alves et al., 2000) mostraram que a contribuição do N derivado da FBN para o tremoço poderia compensar as perdas de N provocadas pelas demais culturas, através da exportação de N nos grãos colhidos (Fig. 3). Estes resultados ainda sugerem que não é necessário manter a frequência

regular da leguminosa para adubação verde, estipulada na rotação, para garantir o equilíbrio no balanço de N do sistema.

TABELA 1. Rendimento de grãos, quantidade de N nos grãos e resíduos, percentual e quantidade de N derivado da fixação biológica de nitrogênio para soja, e balanço de N para o sistema solo-planta, considerando o total de N fixado pela planta e o total de N exportado nos grãos. Dados obtidos da região dos Cerrados (Uberlândia) e Sul (Londrina). Modificado de Zotarelli et al. (1998) e Alves et al. (1999a).

Sistema de plantio	Rendimento (grãos com 13% umidade)	N total nos resíduos ¹	N total nos grãos	%Ndda ²	Ndda ³	Balanço de N para o sistema ⁴
	Mg/ha		kg/ha			kg/ha
Cerrados						
Convencional	4,06	67,8	217,5	67,2	191,7	-25,8
Direto	3,74	65,8	199,9	75,8	202,8	2,9
Teste t ⁵	ns	ns	ns	**	*	**
Sul						
Convencional	5,41	68,1	330,0	74,1	305,8	-24,3
Direto	5,89	60,0	321,8	80,9	315,0	-6,9
Teste t	ns	ns	ns	*	*	*

¹ Incluindo-se as folhas senescidas.

² Percentagem do N acumulado pela planta inteira (inclusive grãos) derivado da fixação biológica de nitrogênio (técnica da abundância relativa de ureídeos, Peoples et al., 1989).

³ Total do N acumulado pela planta inteira (inclusive grãos) derivado da fixação biológica de nitrogênio.

⁴ Calculado pela diferença entre o N acumulado nos grãos (exportado com a colheita) e o Ndda.

⁵ ns - não significativo; * - significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1%.

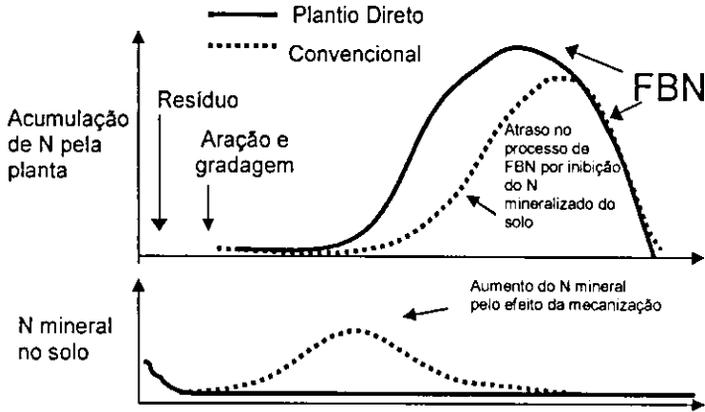


FIG. 2. Modelo teórico sobre o comportamento da fixação biológica de nitrogênio (FBN) para a cultura da soja em resposta às alterações na disponibilidade de N mineral do solo. Sob plantio convencional, a disponibilidade de N mineral do solo é aumentada com a perturbação do solo pela mecanização, e a FBN somente se inicia mais tarde quando o N mineral do solo passa a limitar o desenvolvimento da planta.

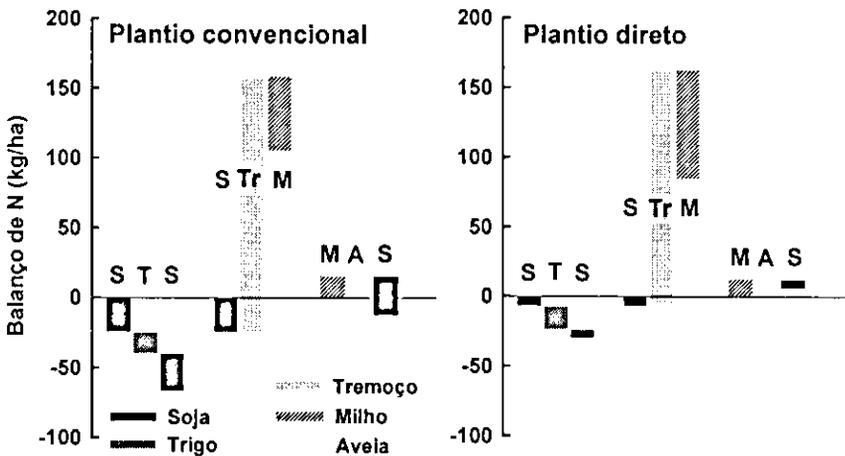


FIG. 3. Balanço de nitrogênio (kg/ha de N) em três seqüências de culturas (soja - trigo -soja; soja - tremoço - milho; milho - aveia - soja) estabelecidas sob preparo convencional ou plantio direto (Alves et al., 2000).

MINERALIZAÇÃO/IMOBILIZAÇÃO DE N

O N chega aos sistemas agrícolas através de vias naturais, como a FBN, ou através da fertilização química, e posteriormente passa a ciclar no sistema através da extração do N mineral pela planta, e retorno do N na forma orgânica, presente nos resíduos. No solo, um outro ciclo é estabelecido, e pode ser resumido nas reações de troca entre a fração mineral do N e a orgânica, no que se conhece como mineralização/imobilização. A mineralização ocorre simultaneamente ao processo de imobilização, intermediados pela biomassa microbiana do solo, e por isso é difícil considerá-los em separado. Dependendo da magnitude de cada fluxo, pode-se ter um resultado líquido de mineralização, ou de imobilização. Os fatores ambientais, traduzidos em aeração, umidade e temperatura, basicamente, podem alterar a magnitude do processo, enquanto que a relação C/N dos resíduos vegetais, alteram o resultado líquido do processo. O Sistema Plantio Direto contribui para a otimização dos fatores quantitativos, e durante os primeiros anos de sua adoção, é comum se observar deficiência de N para culturas mais exigentes, como o milho, devido a imobilização do N aplicado através de fertilizantes (Sá, 1996). Neste caso, doses mais altas do que as tradicionais têm sido necessárias. Com o passar dos anos, um novo equilíbrio entre a fração orgânica de N e a mineral, é atingido, e a quantidade de fertilizante necessária para manter uma mesma produção tende a cair, ainda mais quando se usa uma leguminosa como adubo verde na rotação (Sá, 1997).

A leguminosa assume um papel importante na dinâmica de N do sistema, não só pela alimentação do sistema com N derivado da atmosfera, mas também pela facilidade com que seus resíduos de decompõem no sistema. Em estudos realizados em Londrina, PR, a quantidade de resíduos de soja existentes na superfície do solo diminuíram para menos da metade em menos do que quinze dias, o que representou uma transferência de cerca de 15 kg/ha de N para o solo, pouco antes do plantio da cultura do trigo. Aplicando-se a técnica de valor "A" (Alves et al., 1999b) encontrou-se que os resíduos de soja proporcionaram um aumento na disponibilidade de N para a cultura do trigo de cerca de 29 kg/ha de N, valor este muito próximo da quantidade de N existente nas folhas senescentes de soja (20 a 26 kg/ha de N) mas o existente nos resíduos de colheita (8 a 11 kg/ha de N) (Alves et al., 2000).

No caso da soja, que possui alto índice de colheita de N (cerca de 80%), a quantidade de N deixada nos resíduos é pequena. Na mesma área de Londrina, a cultura do tremoço chegou a acumular uma média de 230 kg/ha de N, dos quais metade foi transferida pelo sistema, após decomposição, em cerca de dez dias (Fig. 4).

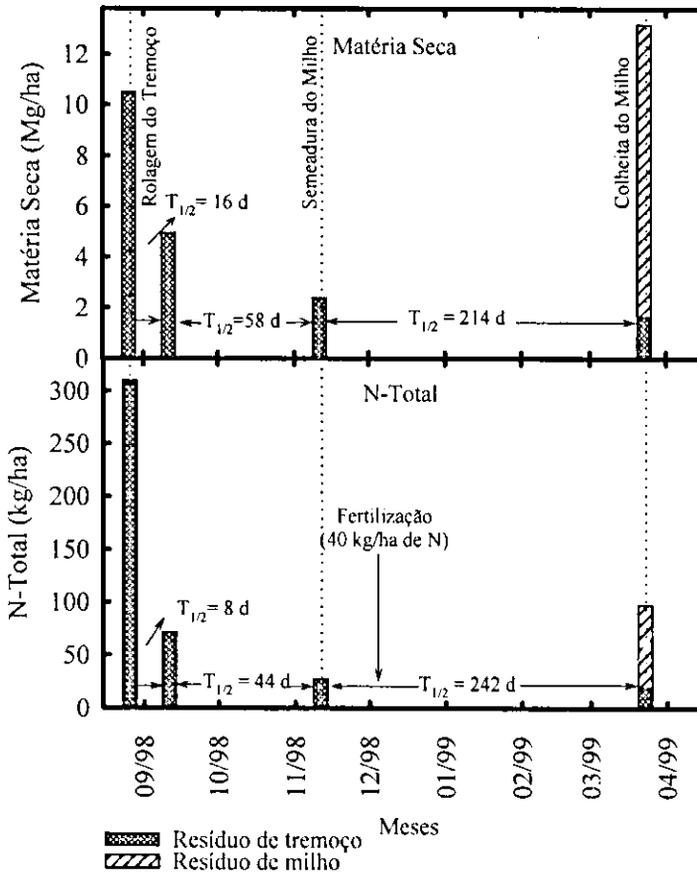


FIG. 4. Matéria seca (Mg/ha), N (kg/ha) e meia-vida ($T_{1/2}$) dos resíduos (tempo para que metade dos resíduos, ou do N neles contido, desapareçam da superfície do solo) de tremoço, antes do plantio e durante o desenvolvimento da cultura do milho, na safra 98/99 (Zotarelli, 2000).

O N transferido para o sistema é a única explicação para dobrar a produção de milho, de 4,5 para 10 Mg/ha, de uma safra para outra (Tabela 2) (Zotarelli, 2000). Ainda com relação a Tabela 2, a maior eficiência de utilização do N fertilizante pelo milho, no Sistema Plantio Direto, sugere que: 1- o solo e a palhada proporcionaram, através dos processos de imobilização e mineralização de N, a manutenção de uma maior quantidade de N fertilizante no sistema, durante o desenvolvimento da cultura; ou 2 – como os rendimentos foram semelhantes entre os dois sistemas de plantio, é possível que tenha ocorrido uma maior disponibilidade de N no solo em sistema convencional (possivelmente pelo efeito de perturbação pela mecanização), diminuindo a eficiência de uso de N do fertilizante neste sistema.

TABELA 2. Influência da cultura anterior e do sistema de plantio na produção de milho, cultivado em Latossolo roxo da região de Londrina, PR. Valores médios de quatro repetições. (Alves, B.J.R., dados não publicados).

Sistema de plantio	Grãos		Palha	EUF ¹ (%)
	(Mg.ha ⁻¹)			
<i>Milho-Aveia-Milho²-Aveia-Soja</i>				
Direto	4,31	6,86		47
<i>Convencional</i>	4,86	8,11		29
<i>Milho-Aveia-Soja-Tremoço-Milho³</i>				
Direto	10,48	13,06		58
<i>Convencional</i>	8,82	12,79		49

¹Eficiência de uso do fertilizante aplicado como sulfato de amônio na dose de 80 kg/ha de N (com 1% de átomos de ¹⁵N em excesso), parcelado em doses iguais, aplicadas no plantio e em cobertura.

² Safra 1997/1998

³ Safra 1998/1999

PERDAS DE N POR EFEITO DA EROSÃO

A perda de solo e nutrientes pela erosão hídrica é um dos principais fatores determinantes do empobrecimento dos solos e da redução da produtividade da maioria das culturas, a médio ou longo prazo.

As estimativas mundiais mais recentes indicam que cerca de 5×10^{12} kg de solo são perdidos anualmente através da erosão, dos quais 80% são perdidos por efeito da água e o restante através da erosão eólica. Mais da metade do total do solo erodido corresponde a áreas agrícolas. Dessa forma, assumindo-se que cerca de 3×10^{12} kg de solo são perdidos de áreas agrícolas, a cada ano, e considerando-se um teor médio de N no solo de 0,1%, chega-se a uma estimativa de perda de N por erosão, da ordem de 3×10^9 kg de N ao ano. Um fato importante que deve ser considerado é que as partículas mais finas do solo perdidas pelo processo de erosão possuem uma concentração de nutrientes maior do que o solo como um todo (Seganfredo et al., 1997), e por isso, as perdas de nutrientes podem ser ainda maiores.

No Brasil, a adoção do Sistema Plantio Direto em cerca de 20% da área agrícola tem proporcionado uma redução no processo erosivo e, conseqüentemente, contribuí muito para estabilizar a reserva de N do solo. De Maria (1999) reuniu grande parte das informações disponíveis na literatura nacional sobre perdas de solo e água em sistemas convencionais e sob plantio direto do País. Estes resultados, demonstrados na Fig. 5, mostram que, em média, o plantio direto pode representar uma redução de cerca de 75% de perda de solo e de 25% de perda de água por escoamento. A maior rugosidade nas áreas sob plantio direto, devido à presença dos resíduos de colheita diminui o impacto da gota de chuva sobre o solo e a velocidade de escoamento da água, resultando em um maior tempo para infiltração. A maior concentração de nutrientes nos primeiros centímetros de solo, especialmente nas áreas sob plantio direto, faz com que a concentração de nutrientes na água de escoamento e no solo arrastado pela erosão seja maior do que o observado no solo mecanizado convencionalmente (Hernani et al., 1999). No entanto, por ser muito maior, as quantidades de solo e água perdidas no sistema convencional fazem com que as perdas de nutrientes e matéria orgânica (que contém 98% do N do solo) sejam muito maiores do que no Sistema Plantio Direto (Tabela 3).

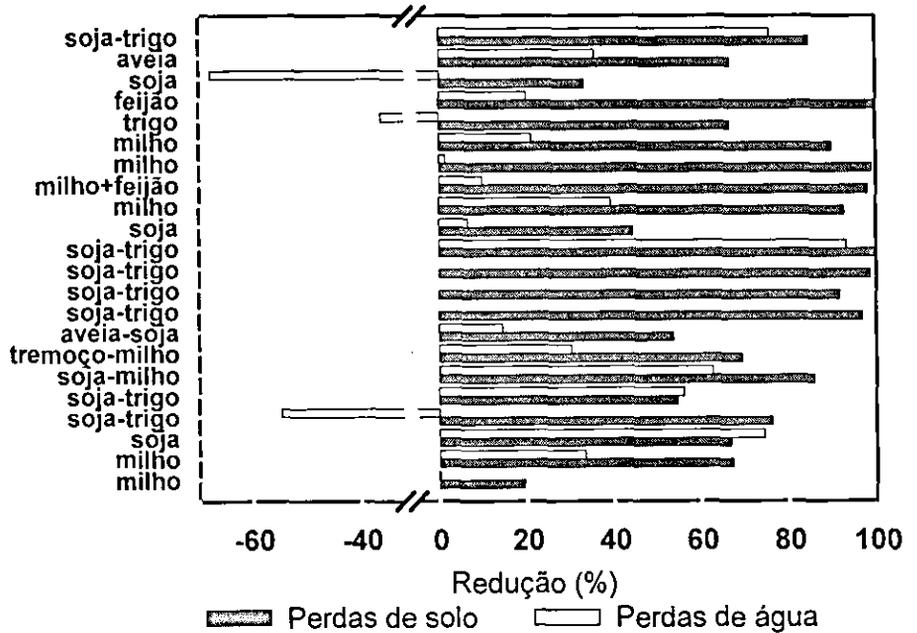


FIG. 5. Redução percentual das perdas de solo e água proporcionadas pelo plantio direto (PD), em relação ao plantio convencional (PC). Adaptado de De Maria (1999).

TABELA 3. Concentrações médias de matéria orgânica (no sedimento) Ca, Mg, P e K (em solução e no sedimento) e perdas médias anuais de solo e de água, no período de 1988-1994, em sistemas de plantio direto e mecanizados com movimentação de solo. Adaptado de Hernani et al. (1999).

Sistemas de manejo	Concentração de nutrientes e matéria orgânica						Perdas de solokg/ha.....
	Ca	Mg	P	K	Matéria orgânica		
	cmol _c /dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	g/kg		
	Sedimento						
Com movimentação do solo ¹	4,2	0,6	25	61	34		3.994
Plantio Direto	5,1	0,9	56	150	36		605
	Solução						
Com movimentação do solo	12,5	1,0	0,06	5,2	nd		89,4
Plantio Direto	15,3	1,2	0,06	4,5	nd		19,8

¹ Foram utilizados valores médios, obtidos do trabalho original, dos tratamentos: escarificação + gradagem niveladora e gradagem (pesada + niveladora).

VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA

Em condições onde o pH da solução do solo se torna alcalino, as perdas de N por volatilização de amônia se tornam importantes. Nos sistemas conduzidos sob plantio direto, o calcário é aplicado na superfície do solo e, principalmente na ocasião da safra agrícola que sucede à calagem, o pH da camada mais superficial do solo pode estar numa faixa acima da neutralidade. Neste caso, as perdas de N derivado de fertilizantes como uréia e sulfato de amônio, assim como derivado da mineralização de adubos verdes, podem ser elevadas. Além disso, solos sob plantio direto apresentam maior atividade da urease devido à maior quantidade de microrganismos na camada superficial do solo (Hungria et al., 1997a) e assim, a uréia adicionada é rapidamente hidrolisada. A reação de hidrólise da uréia consome prótons elevando pontualmente o pH do solo, o que faz com que a NH_3 produzida possa ser perdida por volatilização. Lara-Cabezas et al. (1997) estudaram as perdas de N derivadas da aplicação de diferentes fertilizantes nitrogenados, na dose de 100 kg/ha de N na cultura do milho, aos 35 dias após o plantio nos sistemas de plantio direto e convencional. Independente do manejo ou do fertilizante utilizado, as perdas de N foram muito pequenas quando se fez incorporação do fertilizante. Por outro lado, a aplicação da uréia em superfície para a cultura do milho sob plantio direto, proporcionou perdas estimadas em torno de 78% do N aplicado (Tabela 4). Em sistema convencional as perdas chegaram a 31%, quando a uréia foi aplicada em superfície. Em estudo recente realizado em Londrina, com a cultura do milho, onde se aplicaram 80 kg/ha de N na forma de sulfato de amônio, de forma parcelada, encontrou-se que as perdas de N por volatilização de NH_3 não ultrapassaram 10% do total de N aplicado (L. Zotarelli, B. J. R. Alves, E. Torres, R. M. Boddey e S. Urquiaga, em preparação).

Embora a perda por volatilização de NH_3 seja associada à aplicação de fertilizantes nitrogenados, deve-se mencionar que a adubação verde também é um processo que pode levar a significativas perdas de N- NH_3 do sistema. Rana e Mastroilli (1998) estudaram as perdas de N por volatilização NH_3 derivada da decomposição de *Vicia faba*, usada como adubo verde, e constataram que, dos mais de 200 kg/ha de N existentes na biomassa incorporada, cerca de 35% do N total foram perdidos por volatilização, dos quais 70% foram perdidos nos dois primeiros dias desde a incorporação. Em Sistema Plantio Direto, é possível que as perdas sejam ainda maiores, uma vez que o N mineralizado pode se concentrar na superfície do solo onde a chance do pH estar mais alcalino é maior.

TABELA 4. Influência da localização de várias fontes de N-fertilizante sobre as perdas de N-NH₃, avaliadas com emprego de coletores tipo semi-abertos, no cultivo de milho. Adaptado de Lara-Cabezas et al. (1997).

Fontes de N	Plantio direto			Convencional	
	Incorporado	Superfície	Incorporado	Superfície	Superfície
Uréia	2,1	78,0	4,3	30,7	
Nitrato de amônio	1,7	7,9	1,5	2,5	
Sulfato de amônio	2,1	10,2	2,0	3,7	

Estudo de campo, com uma aplicação de 100 kg/ha de N, 35 dias após a semeadura.

% perdida por volatilização de NH₃

DESNITRIFICAÇÃO

A desnitrificação é o processo oposto ao de nitrificação. Tem origem biológica e química, e envolve a redução de NO_3^- aos óxidos de N e ao N_2 molecular, processo intensificado em condições de anaerobiose. O N_2 perdido por desnitrificação, retorna ao sistema através do processo de FBN, fechando o ciclo do N. Os óxidos voláteis de N, que são intermediários do processo de desnitrificação, e de nitrificação, também retornam ao sistema, através do efeito das descargas elétricas e chuvas, no entanto a permanência na atmosfera destas formas pode levar centenas de anos (Granli e Bockman, 1994). Embora os óxidos de N sejam naturalmente formados, a sua presença na atmosfera, em concentrações elevadas, contribui para a intensificação do “efeito estufa” do planeta.

O modelo “hole in the pipe”, discutido por Bouwman (1998), tem sido uma referência para explicar o mecanismo de regulação na produção e consumo de N_2O e NO , derivados das transformações do N no solo. De acordo com o modelo, a produção de nitrato pela nitrificação é dependente principalmente da concentração de NH_4^+ na solução do solo e da temperatura. Da mesma forma, a produção de N_2 derivada da desnitrificação é dependente da concentração de NO_3^- e da temperatura. Os óxidos de N são considerados intermediários de ambos os processos, e a emissão de cada espécie (N_xO_y) dependerá, qualitativamente, de fatores como a umidade do solo, diversidade de microrganismos etc., e, quantitativamente, das taxas de nitrificação e desnitrificação. Dessa forma além do fator de perda quantitativo, que representa a desnitrificação, os fatores envolvidos no processo podem amenizar o impacto do processo, dependendo de como influenciam a qualidade do produto. Celano e Martino (1999) demonstraram que a relação $\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2$ diminui com o aumento da umidade do solo, e sugeriu que a maior resistência à difusão dos gases para a atmosfera aumenta a probabilidade de redução dos óxidos de N à N_2 . Por outro lado, como a taxa de desnitrificação aumenta em função da maior umidade do solo (Linn e Doran, 1984), as emissões de óxidos de N podem aumentar também, exceção feita a condições de saturação, onde, praticamente, o produto da desnitrificação no solo é o N_2 (Yan et al., 2000).

Em áreas de agricultura, as emissões de N_2O são amplificadas com práticas que aumentam a disponibilidade de N para a planta como a fertilização e adubação verde com leguminosas (Granli e Bockman, 1994). A movimentação do solo, através da aração e gradagem, pode

refletir em aumentos de disponibilidade de N no solo, no entanto, em áreas sob plantio direto, as emissões de N_2O são muito maiores (Mummey et al., 1998; Ball et al., 1999). Em áreas de plantio direto, a intensa atividade biológica e a disponibilidade de matéria orgânica decomponível, associados a maior chance de ocorrência de anaerobiose pela maior retenção de umidade, ou pelo consumo de O_2 com a decomposição da palhada, são reunidas as condições fundamentais para a ocorrência do processo de desnitrificação. Ball et al. (1999) monitoraram as perdas de N_2O em áreas de centeio semeado diretamente ou dentro do sistema convencional (com mecanização). Observaram que mesmo após 50 dias da adição de 80 kg/ha de N, os fluxos de N_2O eram, aproximadamente, quatro vezes maiores do que os observados na área de plantio convencional (Fig. 6), e que estavam diretamente relacionados aos eventos de precipitação. Celano e Martino (1999) encontraram maiores taxas de desnitrificação em amostras de solo indeformadas retiradas de áreas de plantio direto, taxas estas que foram ainda maiores quando a palhada existente era derivada de leguminosas de adubação verde.

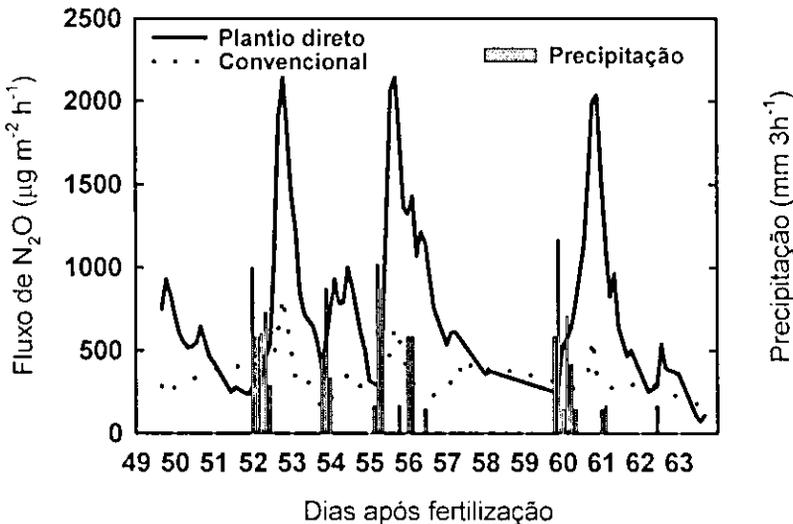


FIG. 6. Variação dos fluxos de N_2O emitidos de um solo cultivado com centeio sob sistemas de plantio direto e convencional, fertilizado com 80 kg/ha de N (Ball et al., 1999).

Embora estime-se que o processo de desnitrificação tenha uma contribuição modesta nas perdas de N do sistema, os óxidos de N emitidos para a atmosfera, se acumulam e colaboram para a amplificação do "efeito estufa". Dentro do Sistema Plantio Direto deve-se explorar a diversidade de coberturas e culturas usadas na rotação, de modo a direcionar o processo de mineralização/imobilização para disponibilizar N nos períodos de maior demanda de N pelas culturas, reduzindo-se as perdas deste nutriente do sistema solo-planta.

LIXIVIAÇÃO DE NITRATOS

Nitrato é um dos íons mais móveis do solo e está sujeito à lixiviação e a movimentação junto aos fluxos de água no solo. A magnitude das perdas de NO_3^- por lixiviação é difícil de ser estimada e irá depender de inúmeras variáveis como quantidade de NO_3^- , quantidade e frequência de chuvas, taxa de infiltração, evapotranspiração, capacidade de retenção de água do solo, e presença de plantas. Durante o verão, as fortes chuvas favorecem o processo de lixiviação, e possivelmente, este processo pode ser amplificado no Sistema Plantio Direto, uma vez que a infiltração de água aumenta devido a maior resistência ao escoamento neste sistema (Bertol et al., 2000). Por outro lado, a presença das culturas reduz a disponibilidade de N do solo, diminuindo assim os riscos de lixiviação de NO_3^- , exceção feita à espécie da família das leguminosas (Chalk, 1998). A exploração do solo pelas raízes de leguminosas é, geralmente, menos intensa, se comparado às gramíneas, e também podem suprir parte de sua demanda de N através do processo de FBN, o que faz com que haja mais N mineral disponível sob leguminosas em crescimento do que sob gramíneas, tal como observado em Londrina, PR, numa amostragem sob as culturas de trigo, aveia e tremoço (Fig. 7).

A perdas de N por lixiviação derivadas da fertilização das culturas, podem não ser tão importantes como se pensa. Coelho et al. (1991) estimaram que apenas 3,8% do N aplicado como uréia à cultura do milho, na dose de 60 kg/ha de N, enriquecidos com 5% de átomos de ^{15}N , foram perdidos por lixiviação. Outros balanços de N realizados com a adição de fertilizantes marcados com ^{15}N , incluindo-se sistemas sob plantio direto, mostram que as perdas totais de N, na maioria das vezes, não ultrapassam 20% do total de N adicionado, das quais apenas uma pequena fração ocorre por lixiviação de NO_3^- (Urquiaga, 2000).

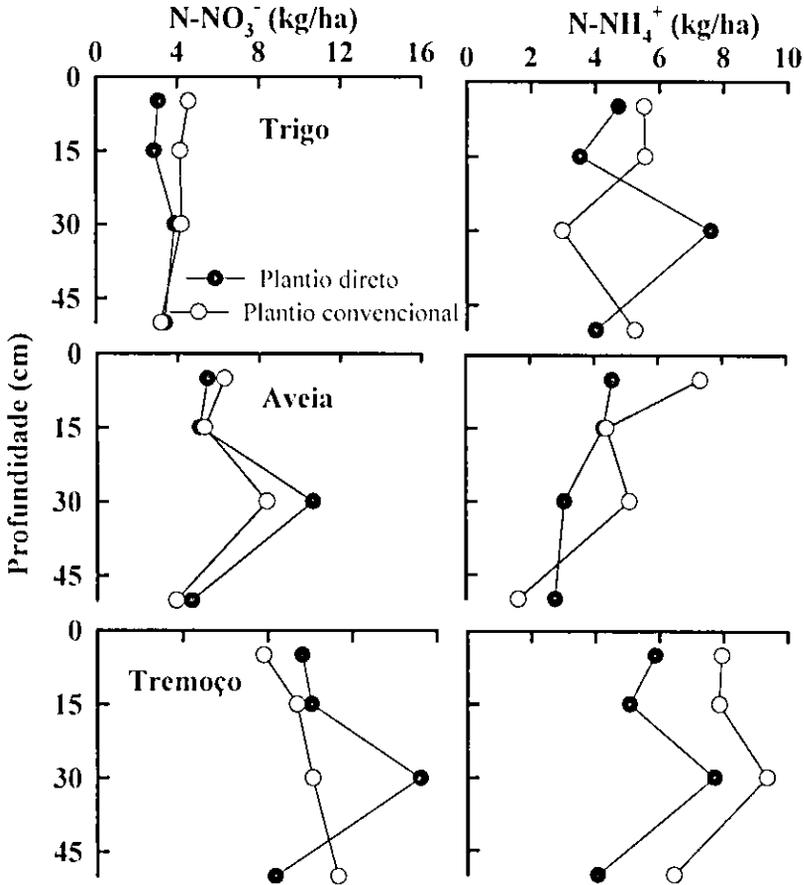


FIG. 7. Variação das concentrações de nitrato no perfil do solo nas culturas de trigo, aveia e tremoço, estabelecidas sob plantio direto e convencional após a cultura do milho, no caso da aveia, e após a cultura da soja, no caso de trigo e tremoço (Zotarelli, 2000).

Como a rotação de culturas é um componente do sistema de plantio direto, a inclusão de espécies de enraizamento profundo, como nabo-forrageiro, podem garantir que o N percolado seja absorvido e posteriormente retornado à superfície através dos resíduos culturais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção do plantio direto proporciona menores perdas de N do sistema solo planta devidas à erosão, e, conseqüentemente, contribui para a manutenção de nutrientes que se perdem junto ao solo e a água de escoamento. Por outro lado, as perdas por desnitrificação são ampliadas pelos efeitos do material vegetal em cobertura sobre a fertilidade e o microambiente do solo, e a adição de uréia em cobertura, sobre a palhada, favorece as perdas por volatilização de amônia.

Em contrapartida, a fixação biológica de nitrogênio é estimulada no Sistema Plantio Direto, e para contrabalançar as perdas de N do sistema, resguardando a produção agrícola e a conservação do ambiente, deve-se considerar a introdução de leguminosas de cobertura e de espécies que promovam a manutenção, no sistema, do N não utilizado pelas culturas principais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, B.J.R.; LARA-CABEZAS, W.A.R.; DAVID, E.A.; URQUIAGA, S. Balanço de N em soja estabelecida em um Latossolo vermelho escuro do triângulo mineiro em condições de plantio direto e preparo convencional do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1999, Brasília-DF. Anais...1999a.
- ALVES, B.J.R.; OLIVEIRA, O.C.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. Métodos isotópicos. In: Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais (Santos G.A. e Camargo F.A.O., eds). Gênese, Porto Alegre, 1999b, p.337-357.
- ALVES, B.J.R.; ZOTARELLI, L.; LARA-CABEZAS, W.A.R.; TORRES, E.; HUNGRIA, M.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Benefit of legume fixed N in crop rotations under zero tillage. In: Nitrogen Fixation: From molecules to Crop Productivity (F. Pedrosa et al., eds). Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 2000, p.533-534.
- BALL, B.C., SCOTT, A.E; PARKER, J.P. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage compaction and soil quality in Scotland., *Soil Till. Res.*, 53: 29-39, 1999.

- BERTOL, I.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Distância entre terraços usando o comprimento crítico de rampa em dois preparos conservacionistas de solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 24: 417-426, 2000.
- BOUWMAN, A.F. Nitrogen oxides and tropical agriculture. **Nature**, 392: 866-867, 1998.
- CELANO, L.E.; MARTINO, D.L. Denitrificación en diferentes sistemas de cultivos en Uruguay. In: **BIOLOGIA DEL SUELO EN SIEMBRA DIRECTA** (Rimolo M. y Marelli H., eds). Boletín Especial de la Sociedad Argentina de Ciencia del Suelo, Buenos Aires, 1999, p.9-14.
- CHALK, P. Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a review. **Aust. J. Agric. Res.**, 49:303-316, 1998.
- CHANDEL, A.S.; PANDEY, K.N.; SAXENA, S.C. Symbiotic nitrogen fixation and nitrogen benefits by nodulated soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to implanted crops in northern India. **Trop. Agric.**, 66: 73-77, 1989.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E; BAHIA, A.F.C. Balanço de nitrogênio (¹⁵N) em um Latossolo vermelho escuro sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **R. bras. Ci. Solo**, 15: 187-193, 1991.
- DE MARIA, I.C. Erosão e terraços em plantio direto. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, volume 24, 1999, p.17-21.
- FRANZLUEBBERS, A.J. Potential C and N mineralization and microbial biomass from intact and increasingly disturbed soils of varying texture. **Soil Biol. Biochem.**, 31: 1083-1090. 1999.
- GASSEN, D.E; GASSEN, F. Plantio Direto, o caminho do futuro. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996, 207p.
- GILLER, K.E.; WILSON K.F. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International. Wallingford, Oxon, 1993, 313 p.

- GONZÁLES, N., PERTICARI, A., GURFINKEL, B.S.; CÁRCERS, E.R.
Nutricion nitrogenada. In: El Cultivo de la Soja en Argentina, (INTA, Ed.). INTA, Cordoba, 1997. p.189-198.
- GRANLI, T.; BOCKMAN, O.C. Nitrous oxide from agriculture. **Norw. J. Agric. Sci.**, Supplement No. 12:1-128, 1994.
- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **R. Bras. Ci. Solo**, 23: 145-154, 1999.
- HUNGRIA, M., ANDRADE, D.S., BALOTA, E.L.; COVENTRY, D.R. Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo. Embrapa Soja, Londrina, 1997^a (Embrapa CNPSo. Comunicado Técnico, 56).
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J.E.; GALERANI P.R. Adubação nitrogenada em soja? EMBRAPA Soja, Londrina (Embrapa CNPSo, Com. Técnico No. 57), 1997b.
- LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDORFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de amônia na cultura de milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 21: 489-496, 1997.
- LINN, D.W.; DORAN, J.W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 48: 1267-1272, 1984.
- MCNEILL, A.M.; ZHU, C.; FILLERY, I.R.P. Use of in situ ¹⁵N-labelling to estimate the total below-ground nitrogen of pastures legumes in intact soil-plant systems. **Aust. J. Agric. Res.**, 48: 295-304, 1997.
- MUMMEY, D.L.; SMITH, J.L.; BLUHM, G. Assessment of alternative soil management practices on N₂O emissions from US agriculture. **Agric. Ecosys. Environm.**, 70: 79-87, 1998.
- PEOPLES, M.B.; GAULT, R.R.; LEAN, B.; SYKES J.D.; BROCKWELL J. Nitrogen fixation by soybean in commercial irrigated crops of Central and Southern New South Wales. **Soil Biol. Biochem.**, 27: 553 - 561, 1995.

- PEOPLES, M.B.; HERRIDGE, D.F. Quantification of biological nitrogen fixation in agricultural systems. In: Nitrogen Fixation: From molecules to Crop Productivity (F. Pedrosa et al., eds). Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 2000, p.519-524.
- RANA, G.; MASTRORILLI, M. Ammonia emissions from fields treated with green manure in a Mediterranean climate. **Agric. For. Meteorol.**, 90: 265-274, 1998.
- SÁ, J.C.M. Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto. Passo Fundo, Aldeia Norte Ed., 1996, 24p.
- SÁ, J.C.M. Parâmetros para recomendação de calagem e adubação no sistema plantio direto. In: II CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO, 1997, Pato Branco. Anais..., Pato Branco, 1997.
- SEGANFREDO, M.L.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 21: 287-291, 1997.
- URQUIAGA, S. Pérdidas de N del sistema suelo planta. In: Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em América Latina y el Caribe, (S. Urquiaga e F. Zapata, eds). Gênesis, Porto Alegre, 2000, p. 89-98.
- YAN X.; SHI S.; DU L.; XING, G. Pathways of N₂O emission from rice paddy soil. **Soil Biol. Biochem.**, 32: 437-440, 2000.
- ZOTARELLI, L.; RESENDE A.; TORRES E.; HUNGRIA M.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R. O papel da soja para as reservas de N de um Latossolo Roxo sob plantio direto na região de Londrina, PR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., 1998, Lavras. Anais... Lavras: UFLA/SBCS/SBM, 1998.
- ZOTARELLI, L. Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina-PR. Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000. 183 pág.

DINÂMICA DO NITROGÊNIO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Carlos Alberto Ceretta

*Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Solos,
CEP 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: ceretta@ccr.ufsm.br*

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade por grande parte das culturas comerciais, incluindo-se pastagens. Por outro lado, enquanto a maioria dos nutrientes relacionam-se basicamente com características químicas e biológicas do solo, o N mantém relação fortemente dependente de fenômenos biológicos do solo. Isso porque a predominância de sua forma mineral como nitrato em solos de sequeiro resulta em muito baixa energia de adsorção, o que o torna extremamente móvel no solo. Por outro lado, poucos nutrientes tem relação tão estreita com o clima quanto o N, porque a água determina a mobilidade do nitrato no solo, além de que a temperatura influi diretamente na atividade biológica. Por isso, o N é um nutriente que sempre irá merecer especial atenção da pesquisa, porque seus resultados têm forte conotação com as condições edafoclimáticas regionais.

A dinâmica do N no solo, visto sob a ótica da fertilidade e nutrição de plantas, implica em considerar a origem do N às plantas, as características do solo e clima regionais e dos sistemas de produção. A origem do N que pode ser disponibilizado às plantas e que define o potencial produtivo das culturas provém do ar atmosférico, no caso de leguminosas, da matéria orgânica do solo, da reciclagem através de resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados, sejam eles de origem mineral ou orgânica.

DINÂMICA DO N NO SOLO SOB INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA

Uma das coisas bonitas que a vida oferece é a possibilidade de reavaliar conceitos, sem comprometer princípios. A grande mudança que aconteceu na agricultura nos anos 90 foi a consolidação e difusão do

sistema plantio como forma de manejo do solo. Para tal, a relação do homem com o ambiente melhorou, embora se deve reconhecer que nisso foi mantida a natureza humana, ou seja, a opção pelo Sistema Plantio Direto (SPD) foi mais por conveniência do que pela preocupação com a qualidade dos recursos naturais envolvidos na atividade agrícola, bastando para isso observar que 100, 90, 75, 55 e 35% de pequenos produtores consultados justificaram a adoção do plantio direto pela economia de mão de obra, economia de tempo, controle da erosão, incremento de renda e maior produtividade, respectivamente (Berton 1998).

A discussão da importância da matéria orgânica no sistema plantio direto transcende a lógica empirista da agricultura, porque exige uma visão contextualizada de sua importância. Sua relação com a sustentabilidade de sistemas agrícolas (Mielniczuk, 1999) é um exercício que somente generalizou-se recentemente, porque tradicionalmente a agricultura caracterizava-se pelo excesso de revolvimento do solo com impactos negativos sobre a sua qualidade. Contudo, o SPD tem mostrado que é possível utilizar o solo com níveis de perturbação aceitáveis, podendo até mesmo ser possível recuperar áreas degradadas. Com isso, com o sistema plantio direto introduziu-se um fator de extrema importância no manejo do solo que é o histórico, ou seja, a qualidade do solo é resultante de ações continuadas no tempo e não rompidas a cada ciclo de revolvimento, como era de costume.

No SPD os incrementos de N têm sido maiores ou semelhantes ao de carbono (C) ao longo do tempo em sistemas de culturas com a presença de leguminosas. Tanto que Pavinato (1993) estimou que após oito anos de plantio direto, as taxas médias de conversão de C e N liberados pela decomposição dos resíduos de culturas em C e N no solo até a profundidade de 17,5cm foi de 19 e 40%, respectivamente. Por sua vez, Gonçalves & Ceretta (1999) e Gonçalves et al. (2000) após seis anos de plantio direto, encontraram porcentual de acréscimo no solo de 16% para C e também 16% para N, respectivamente. Contudo, tais acréscimos nas quantidades de N total do solo no SPD, proporcionados por diferentes sistemas de sucessão de culturas não alteram relativamente as formas de N no solo, as quais são mantidas em torno de 34,7% como N-aminoácidos, 19,9 % N-amônio, 5,4 % N-hexosaminas, 10,6% N-hidrolisado não identificado e 29,4% N-não hidrolisado (Ceretta, 1995). Isso demonstra que a dinâmica do N no solo é dependente da atividade biológica, resultando em produtos de resíntese que dependem mais da bioquímica de decomposição dos

organismos vivos do que das características dos resíduos vegetais adicionados ao solo por diferentes espécies.

No solo, a principal fonte de N é a matéria orgânica, por isso a dinâmica do N no solo está intimamente associada à dinâmica da matéria orgânica e esta depende de vários fatores, os quais têm sido considerados em estudos de modelagens (Bayer & Mielniczuk, 1999; Leal & De-Polli, 1999; Leite & Mendonça, 1999), e de caracterização da matéria orgânica (Ceretta, 1995; Ceretta et al. 1999; Bayer et al. 2000).

O uso isolado do parâmetro matéria orgânica à recomendação de N às culturas apresenta muitas limitações (Anghinoni, 1985), por isso a adubação nitrogenada é considerada sempre polêmica e paradigmática (Altmann, 1997). Em função disso e de sua complexidade, tem sido obtido maior sucesso com o uso de uma série de variáveis expressas em modelos matemáticos como aquele desenvolvido por Amado (1997), que utilizou diferentes plantas de cobertura e formas de preparo do solo e obteve o seguinte: $N_d = N_{\text{tsolo}} \cdot k_1 + (5,066 + 0,1334 \cdot N_{\text{fitomassa}} - 0,242 \cdot \text{Rel C/N}) + k_2 \cdot \text{dose de N fertilizante}$. Sendo: N_d = N disponível; N_{tsolo} + N total do solo; k_1 = Coeficiente de mineralização do N total do solo, que representa o N absorvido pelo milho/N total no solo; $N_{\text{fitomassa}}$ = quantidade de N na parte aérea das plantas; Rel C/N = relação carbono/nitrogênio.

DINÂMICA DO N NO SOLO SOB INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE CULTURAS

Neste caso, deve-se considerar principalmente os incrementos anuais de N para o solo e sua cinética de liberação, que é determinada pela taxa de decomposição dos resíduos, bem como a participação ou não de leguminosas nos sistemas de sucessões ou rotações de culturas. Isso é exemplificado na Fig. 1, a partir dos dados de Da Ros & Aita (1996), onde são mostradas algumas das principais plantas de cobertura de solo utilizadas nos sistemas de produção no Sul do Brasil e cuja interpretação depende das prioridades. Do ponto de vista de conservação do solo, menores taxas de decomposição significam maior proteção do solo, pela manutenção da palha na superfície do solo por maiores períodos de tempo, sendo neste caso mais conveniente a presença de gramíneas no sistema. Entretanto, caso o objetivo maior seja o aporte de N da matéria seca dos resíduos às culturas em sucessão, então as leguminosas são preferenciais.

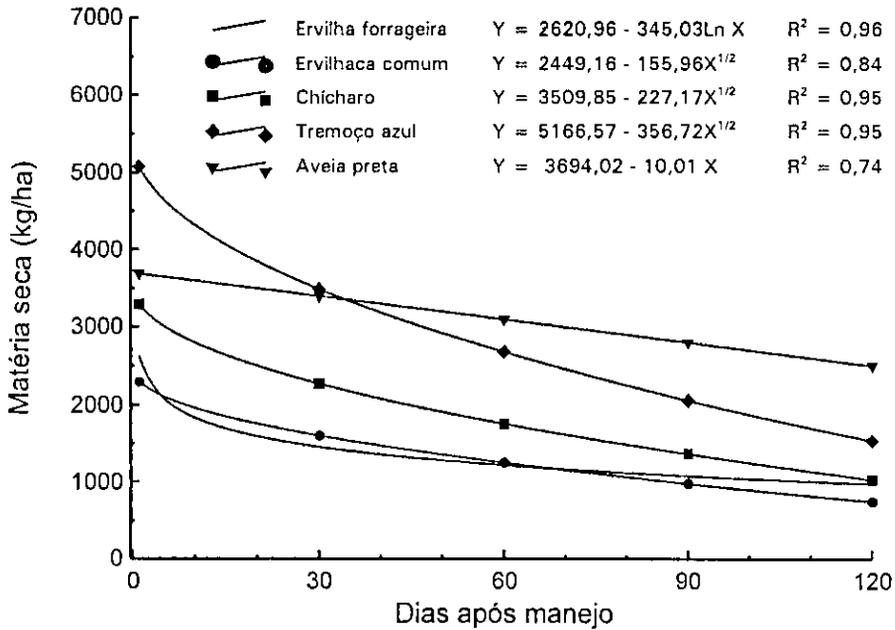


FIG. 1. Taxa de decomposição dos resíduos culturais das espécies de inverno em 1991/92. Dep. de Solos, CCR-UFSM. Extraído de Da Ros & Aita (1996).

Como a manutenção de palha na superfície do solo é básico para o sucesso do SPD e a taxa de decomposição de tecidos vegetais é associada a sua relação C/N, poderia se supor que a aplicação de N na aveia preta, que representa a principal planta de cobertura de solo no Sul do Brasil, além de proporcionar acréscimos na produção de matéria seca, também favoreceria sua decomposição pela diminuição na relação C/N no tecido, podendo transferir parte do N acumulado na matéria seca para culturas como milho cultivado em sucessão. Com esta filosofia e acrescentando-se os efeitos indiretos da palha de aveia preta sobre o milho em sucessão, Sá (1996) obteve vantagens em trabalhos realizados no Paraná. Entretanto, os resultados de Santi et al. (2000) não confirmam esta expectativa, porque mesmo com a diminuição na relação C/N pelo aumento na quantidade de N mineral aplicado (Fig. 2), as taxas de decomposição praticamente não foram influenciadas (Fig. 3). Essa informação somada àquela de Basso (1999), de que mesmo tendo aplicado N mineral após o manejo da aveia preta, aveia preta + ervilhaca

e nabo forrageiro e antes da semeadura do milho, não houve alteração na taxa de decomposição da matéria seca dessas plantas de cobertura, evidencia que a taxa de decomposição é influenciada pela composição da fitomassa e não apenas pela relação C/N, embora Amado et al. (2000) tenham encontrado relação inversamente proporcional entre taxa de decomposição e relação C/N, ao avaliarem a decomposição da fitomassa de aveia, ervilhaca e consórcio aveia + ervilhaca.

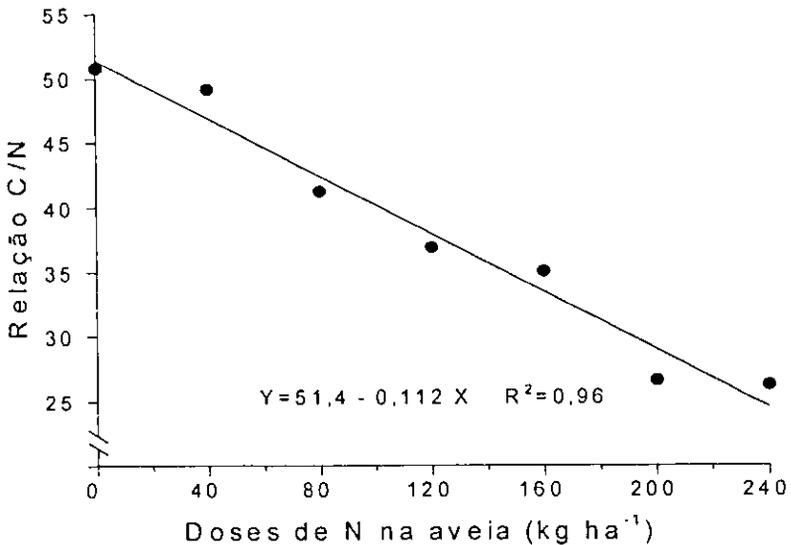


FIG. 2. Relação C/N na parte aérea de aveia preta em função da aplicação de N mineral. Extraído do Santi et al. (2000)

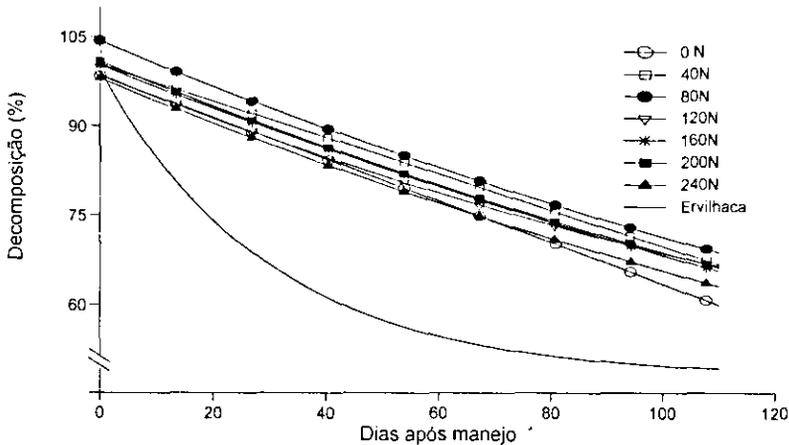


FIG. 3. Decomposição da matéria seca da parte aérea de aveia preta em função da aplicação de N mineral. Extraído de Santi et al. (2000).

A forma de preparo do solo também determina variações na liberação de N para o solo, devido ao contato diferencial do resíduo com o solo. Isso ficou demonstrado no trabalho de Amado (1997), que utilizando-se de sacos de decomposição, observou que nas primeiras quatro semanas após o manejo da ervilhaca e consórcio aveia + ervilhaca a liberação de N da fitomassa foi 53 e 51% superior no sistema convencional (com revolvimento do solo) em relação ao plantio direto, respectivamente.

No Sul do Brasil há clara distinção sobre a expectativa do cultivo de gramíneas, especialmente milho, trigo e aveia, quando estes são feitos sobre resíduos de leguminosas. Exemplos disso são os trabalhos de Ceretta et al. (1994) e Pavinato et al. (1994), os quais encontraram que foi possível obter produtividades de grãos de milho semelhantes quando aplicaram 130 e 110 kg ha⁻¹ de N mineral, ou quando cultivaram o milho em sucessão a feijão de porco e tremoço branco, respectivamente. Possivelmente porque compararam com o sistema aveia preta/milho e encontraram que 70% do N foi liberado quatro semanas após o manejo, Amado et al. (2000) obtiveram equivalência em fertilizante nitrogenado para a ervilhaca e consórcio aveia

preta+ervilhaca de 55 e 38 kg ha⁻¹, respectivamente, para o milho cultivado em sucessão.

Na tradicional sucessão soja/trigo a contribuição da soja para o trigo pode variar de 17 a 59 kg ha⁻¹ de N (Wiethölter, 1996). Inclusive, observa-se que na maioria dos casos, tanto o trigo quanto a aveia preta, que predominam como cultivos de inverno no Sul do Brasil, são cultivados sobre resteva de soja, não há resposta à aplicação de N em cobertura em quantidades mais expressivas, funcionando apenas como complemento àquela quantidade de N disponibilizada para estas culturas pela decomposição dos resíduos da soja. Esses são exemplos de situações desejadas em sucessões de culturas, ou seja, a ocorrência de maior sincronismo entre a dinâmica de liberação de N no solo, a partir da decomposição de resíduos culturais e a cinética de absorção de N pela cultura em sucessão.

A utilização do parâmetro N recuperado que é obtido pela equação: N absorvido nos tratamentos-N na testemunha/N adicionado pelos tratamentos X 100, fornece uma estimativa da eficiência de utilização do N acumulado na fitomassa de plantas cultivadas anteriormente à cultura considerada. Além disso, esse parâmetro resume a dinâmica do N no solo, sob influência da adição de resíduos vegetais. Logo, quando Aita et al. (1994) obtiveram 33, 34, 38 e 45% de N recuperado pelo milho cultivado após ervilha forrageira, chícharo, ervilhaca comum e tremoço azul, respectivamente, e 41% para o N mineral aplicado na forma de uréia, significa um excelente aproveitamento pelo milho do N da fitomassa das plantas de cobertura de solo. Mesmo percentuais de recuperação de N aparentemente baixos como 25,5% obtido por Amado et al. (2000), quando cultivou milho após ervilhaca, esse valor correspondeu a 2/3 do N requerido para obtenção da máxima produtividade do milho, que neste caso foi expressivo atingindo 8,67 t ha⁻¹.

As informações geradas nos últimos anos mostram que no SPD o solo caracteriza-se como um ambiente de acúmulo de nutrientes (portanto menores perdas, quando comparado com o sistemas com revolvimento do solo) e a interpretação da disponibilidade de N passa pelo entendimento de que todo o N adicionado ao solo pelos resíduos de culturas passam a fazer parte deste novo ambiente do solo e que o sinergismo entre as características que determinam a qualidade do solo, explicam porque se tem observado em muitos casos produtividades expressivas de gramíneas mesmo sem a adição de fertilizante nitrogenado. Isso não significa que potencialmente a resposta às doses

de N tradicionalmente utilizadas na produção de gramíneas como milho e trigo, ou mesmo do feijão como leguminosa, sejam menores no SPD. Isso apenas determina que nas plantas, quando submetidas a qualquer estresse, a produtividade pode ser potencialmente maior no Sistema Plantio Direto, quando comparado com os sistemas com revolvimento de solo.

As vantagens proporcionadas pelo SPD nos sistemas de produção somente ocorrem quando efetivamente este sistema está sendo conduzido satisfatoriamente. Do contrário, as reações dos produtores são de retrocesso ao SPD e isso tem acontecido basicamente por problemas de compactação de solo. Qual a relação disso com a dinâmica do N no solo? Se a compactação do solo no SPD significar redução no crescimento de raízes, isso comprometerá a capacidade da planta em absorver o N que potencialmente poderia ser disponibilizado, quando então irão predominar os fenômenos de perdas de N do solo, principalmente a lixiviação. Entretanto, Mello (1991) mostrou que os preparos de solo convencional, reduzido e plantio direto, embora tenham provocado diferenças na morfologia das raízes, não afetou a distribuição da massa seca de raízes no solo e isso contribuiu para que a produtividade de grãos de milho não fosse influenciada pelos métodos de preparo do solo.

DINÂMICA DO N NO SOLO INFLUENCIADA POR FENÔMENOS DE PERDAS DE N

Em primeiro lugar é preciso considerar que a imobilização microbiana de N no solo, se por um lado pode comprometer a adequada disponibilidade de N às plantas em momentos pontuais, por outro lado não representa fenômeno de perda de N e sim a conversão do N para compor tecido microbiano. Essa interpretação é relevante para discussão do N no solo no sistema plantio direto, onde parte significativa da quantidade de N mineral aplicado pode ser imobilizado, quando comparado com o sistema de preparo de solo convencional (Salet, 1994).

Efetivamente o que concorre para promover perdas de N são os fenômenos de lixiviação de nitrato, volatilização de amônia, desnitrificação e escoamento superficial.

As perdas de N por escoamento superficial é motivo de preocupação de técnicos no Sul do Brasil, porque os fertilizantes

nitrogenados aplicados em cobertura nas culturas são distribuídos na superfície do solo e quando houver problemas de compactação no sistema plantio direto há redução na taxa de infiltração da água e parte do N aplicado pode ser removido. Entretanto, Amado (1997) considera que existem poucas dúvidas de que os preparos conservacionistas reduzem a enxurrada e conseqüentemente as perdas de N por esta rota.

No SPD pode haver um aumento no potencial de desnitrificação, por causa da elevação da microporosidade, do conteúdo de água na camada superficial do solo (Sidiras et al., 1984) e do aumento na população de desnitrificadores (Doran, 1980; Linn e Doran, 1984). Segundo esses autores, enquanto a população total de bactérias, na camada de 0-7cm, foi 40% maior no sistema plantio direto, comparado com o convencional, o aumento de bactérias desnitrificadoras foi de 170%. Entretanto, tais resultados demonstraram que as perdas por desnitrificação do N-fertilizante não ultrapassaram a 10%, independente do sistema de manejo. Entretanto, especialmente em áreas agrícolas importantes do Planalto Rio-Grandense, Oeste Catarinense e Paranaense, onde ocorrem solos com mais de 55% de argila, perdas de N por desnitrificação podem ser favorecidas pela criação de sítios anaeróbicos devido a compactação do solo.

Com a difusão do SPD cada vez mais se tem dado importância às condições mais adequadas para aplicação de N via uréia em cobertura, principalmente à cultura do milho e, em menor escala, para o sorgo e feijão, devido ao aumento potencial de perdas por volatilização de amônia. Isso porque, diferente dos sistemas com revolvimento do solo, a presença de palha na superfície no sistema plantio direto diminui o contato dos grânulos com o solo, dependendo então da água como veículo para contribuir para que a maior parte do N aplicado permaneça no solo como N mineral.

No Sul do Brasil é expressiva a utilização de esterco de origem animal, principalmente esterco líquido de suínos, que é aplicado em superfície e onde as perdas por volatilização de amônia também podem ser significativas. Exemplo disso é mostrado na Fig. 4, onde reflete as perdas ocorridas com a aplicação em superfície de esterco líquido de suínos na estação do verão com dias quentes em área da UFSM em Santa Maria, RS e onde está sendo implantado um sistema de culturas com aveia preta/milho/nabo forrageiro no SPD.

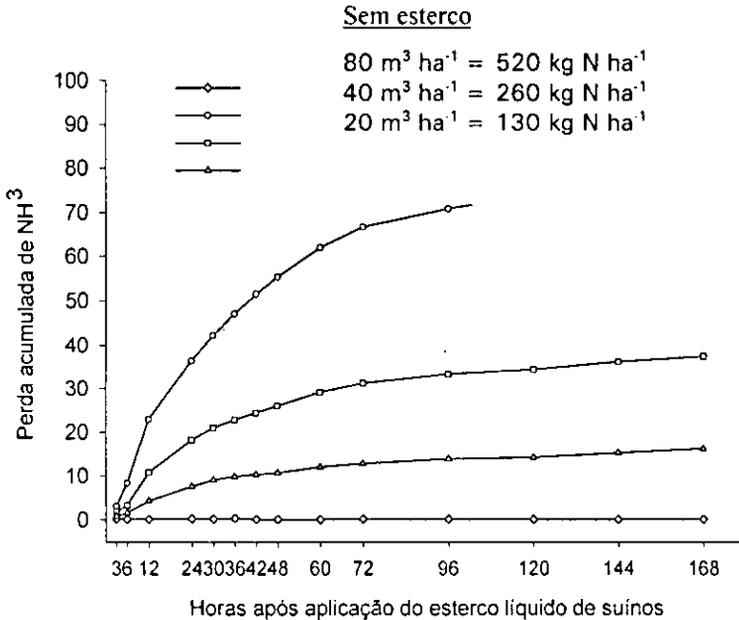


FIG. 4. Perdas acumuladas de amônia a partir de três horas da aplicação de esterco líquido de suínos. Extraído de Basso (2000), Pesquisa em andamento (não publicado).

Sobre as perdas de N por lixiviação de nitrato ainda não há no Sul do Brasil consenso sobre a importância relativa destas perdas na comparação entre as formas de preparo do solo. Enquanto há na literatura internacional informações de que as perdas de N por lixiviação são maiores no SPD, Bayer & Mielniczuk (1997), ao avaliarem o N em solo submetido a preparo convencional, reduzido e plantio direto, na Depressão Central do Rio Grande do Sul, consideraram que provavelmente a lixiviação foi o principal processo que diferenciou os sistemas de preparo do solo, mas que as maiores perdas ocorreram com o preparo convencional (uma lavração e duas gradagens). Por sua vez, Salet (1994) verificou que foram pequenas as perdas de N por lixiviação de nitrato em um latossolo do Planalto do Rio-Grandense.

A característica de alta mobilidade do nitrato no solo e a água como principal veículo à sua movimentação, justificam os resultados obtidos por Basso (1999), o qual demonstrou que em diferentes sistemas de produção de milho em plantio direto, aplicações de N em pré-semeadura do milho foi uma atitude de risco, devido as perdas de N por lixiviação, quando ocorreu o fenômeno "El Niño", que é caracterizado por excesso de precipitações pluviométricas (Figuras 5, 6 e 7).

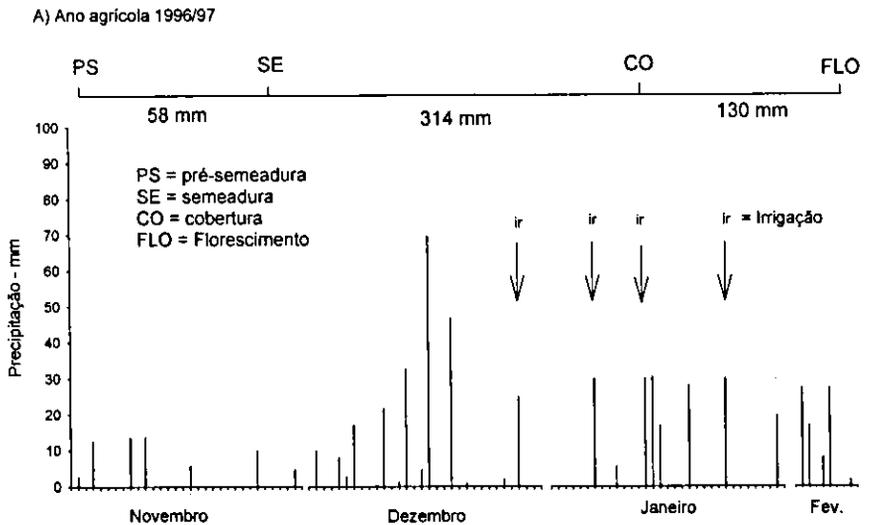


FIG. 5. Distribuição das chuvas no período da aplicação do N em pré-semeadura até o florescimento do milho no ano agrícola 1996/97. Extraído de Basso (1999)

B) Ano Agrícola 1997/98

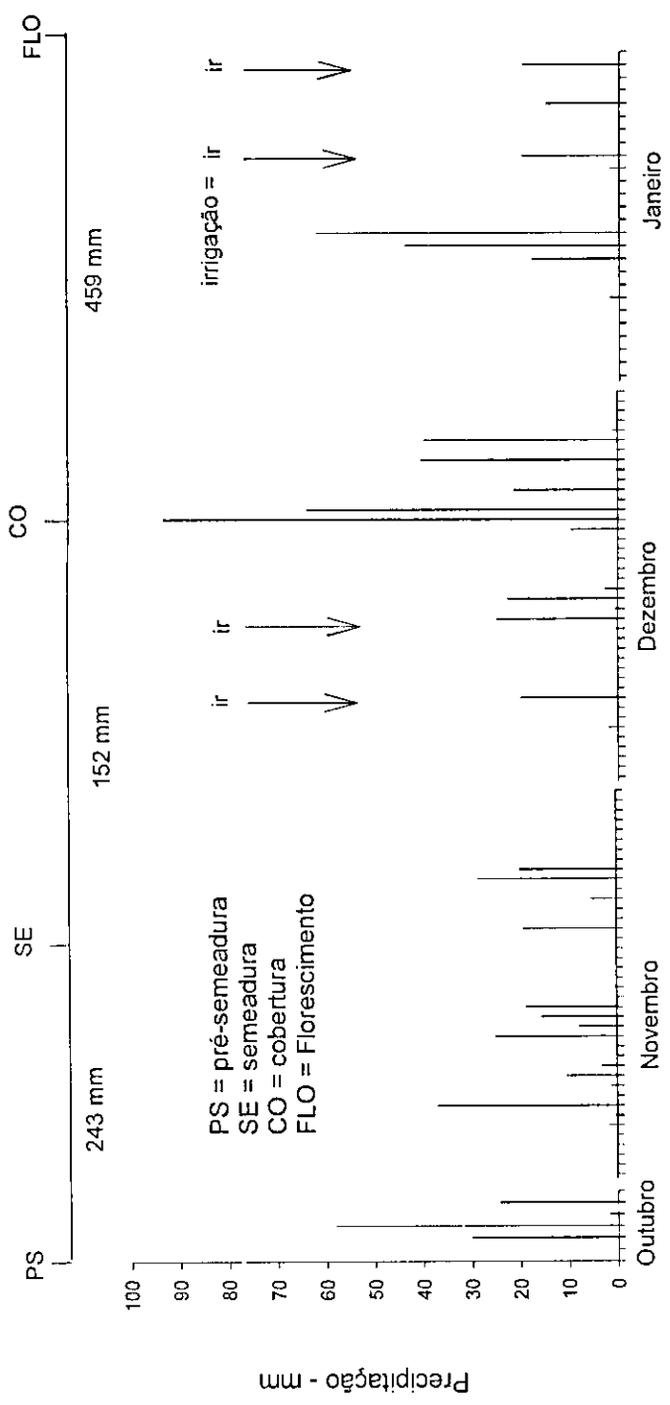


FIG. 6. Distribuição das chuvas no período da aplicação do N em pré-semeadura até o florescimento do milho no ano agrícola 1997/98. Extraído de Basso (1999).

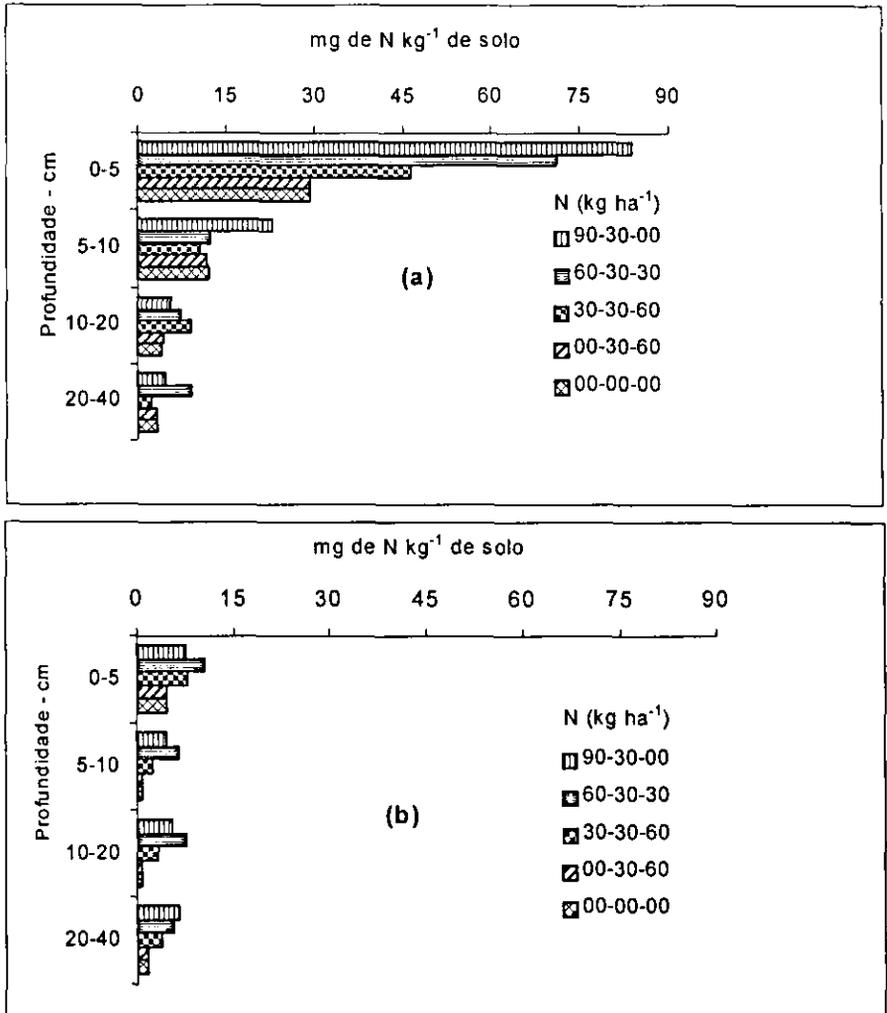


FIG. 7. Teores de N mineral do solo avaliado imediatamente antes da semeadura do milho em sucessão à aveia preta, em dois anos agrícolas, 1996/97 (a) e 1997/98 (b). Extraído de Basso (1999).

Uma informação prática importante que pode ser extraída de trabalhos que vêm sendo realizados com aplicações de N em pré-semeadura é de que nos sistemas de produção de milho sob plantio direto, quando a cultura antecessora for gramínea, deve-se evitar a aplicação de quantidades inferiores a 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura. Por isso, Sá (1996) recomenda para o milho em sucessão a gramíneas a substituição de fórmulas com baixa porcentagem de N (4 a 5%) para outras mais concentradas (10 a 15%). Uma evidência disso, é que no Rio Grande do Sul tem-se observado a difusão recente de fórmulas como 8-18-28 e o retorno da 9-36-12 para a cultura do milho. Entretanto, como isso não é feito em grande parte das lavouras, pode-se inferir que em muitos casos a produtividade de milho no Sul do Brasil está sendo limitada pela aplicação de quantidades insuficientes de N na semeadura.

Uma informação prática importante que pode ser extraída de trabalhos que vem sendo realizados com aplicações de N em pré-semeadura é de que nos sistemas de produção de milho sob plantio direto, quando a cultura antecessora for gramínea, deve-se evitar a aplicação de quantidades inferiores a 30 kg de N ha⁻¹ na semeadura. Por isso, Sá (1996) recomenda para o milho em sucessão a gramíneas a substituição de fórmulas com baixa porcentagem de N (4 a 5%) para outras mais concentradas (10 a 15%). Uma evidência disso, é que no Rio Grande do Sul se tem observado a difusão recente de fórmulas como 8-18-28 e o retorno da 9-36-12 para a cultura do milho. Entretanto, como isso não é feito em grande parte das lavouras, pode-se inferir que em muitos casos a produtividade de milho no Sul do Brasil está sendo limitada pela aplicação de quantidades insuficientes de N na semeadura.

Com a utilização de esterco líquido de suínos e aplicações periódicas, grandes quantidades de N são adicionadas ao solo. Um exemplo disso é o trabalho de Durigon & Ceretta (2000), que durante um período de quatro anos aplicaram esterco líquido de suínos em superfície e sobre pastagem natural, tendo distribuído a quantidade de 3.628 kg de N ha⁻¹, quando utilizaram a dose de 40 m³ ha⁻¹, e isso não foi suficiente para elevar o teor de N do solo até 0,40 m de profundidade (Tabela 1). Provavelmente as perdas por lixiviação de nitrato justificam em grande parte estes resultados, bem como a eficiência de aquisição de N (kg de N absorvido/kg de N aplicado) pela pastagem natural que foi de apenas 50 e 30% nas aplicações de 20 e 40 m³ ha⁻¹, respectivamente.

TABELA 1. Nitrogênio total no solo de pastagem natural submetida a aplicações periódicas de esterco líquido de suínos no período de quatro anos. Paraíso do Sul, RS. Extraído de Durigon & Ceretta (2000).

Profundidade (cm)	Doses de esterco líquido de suínos ($m^3 ha^{-1}$)		
	0	20	40
	----- $mg kg^{-1}$ -----		
0 - 2,5	5591	6207	6230
2,5 - 5	3435	3407	2975
5 - 10	2427	2362	2401
10 - 20	2287	2184	2177
20 - 40	1428	1505	1522

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A difusão do SPD e avanços no nível de tecnologia empregados às culturas são os grandes responsáveis pelas demandas de pesquisa sobre o manejo do nitrogênio no Sul do Brasil. Paralelo a isso a afirmação de conceitos tradicionais da relação de dependência do N do solo com a matéria orgânica e desta com a forma de preparo do solo.

O SPD tornou os estudos sobre a dinâmica do N no solo mais fascinantes pela necessária consideração de que o solo no sistema plantio direto é um ambiente diferente daquele onde o solo é revolvido com lavração e gradagem e é preciso entender a relação de dependência de todos os fenômenos que ocorrem no solo.

Indiscutivelmente parte do sucesso do SPD deve-se à possibilidade de um manejo mais eficiente do N neste sistema, quando comparado àqueles com revolvimento do solo.

A recomendação de que à medida do possível sempre deve-se manter cultivos sobre o solo no sistema plantio direto é justificado não apenas pela necessidade de manter resíduos vegetais na superfície do solo mas também para reduzir perdas potenciais de N, evitando que a característica intrínseca de alta mobilidade do N no solo resulte em perdas por lixiviação de nitrato.

No Sul do Brasil acumulou-se nos últimos anos muitas informações sobre sucessões ou rotações de culturas, ficando evidente a expressiva

contribuição de resíduos de leguminosas no aporte de N para gramíneas em sucessão, bem como a constatação de que em muitos casos está havendo limitação na produtividade do milho pela aplicação na semeadura de quantidades insuficientes de N.

Metodologias para recomendação de N às culturas continuam sendo um desafio. Contudo, propostas recentes utilizando-se de modelagens, onde vários fatores são considerados, mostram-se mais promissores e realistas em relação ao uso tradicional da porcentagem de matéria orgânica como referencial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A., BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 18:101-108, 1994.
- ALTMANN, N. Potencialidade da cultura do milho no cerrado. Potafos. Informações Agronômicas, n.78, junho,1997. p.14-16.
- AMADO, T.J.C. Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 201p. (Tese de Doutorado).
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 24:179-189, 2000.
- ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: Adubação nitrogenada no Brasil, Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 16. *Anais do Simpósio...* CEPLAC, Ilhéus, BA, 1985, p.1-19.
- BASSO, C. Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 91p. (Tese de Mestrado).

- 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, Genesis, 1999, p.9-26.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, 21(2):235-239, 1997.
- BAYER, C.; MARTIN NETO, L.; MIELNICZUK, J.; CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. Soil % Tillage Research, 53:95-104, 2000.
- BERTON, A.L. Viabilidade do plantio direto na pequena propriedade. In: Conferência Anual do Plantio Direto, 3. Ijuí, RS. *Resumos de palestras...*. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo. 1998, p.43-48.
- CERETTA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A.; SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. R. Bras. Ci. Solo, 18:215-220, 1994.
- CERETTA, C.A. Fracionamento do N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistemas de cultura sob plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 127p. (Tese de Doutorado).
- CERETTA, C.A.; BAYER, C.; DICK, D.P.; MARTIN NETO, L.; COLNAGO L.A. Métodos espectroscópicos. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O., Ed. Fundamentos da matéria orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999, p.293-336.
- DA ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 20:135-140, 1996.

- DORAN, J.W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci.Soc. Am. J.*, 44:765-771.
- DURIGON, R.; CERETTA, C.A. Melhoria de pastagem natural com aplicação de esterco líquido de suínos. Santa Maria. UFSM, Departamento de Solos. 2000, 5p.
- GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:307-313, 1999.
- GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:153-159, 2000.
- LEAL, M.A.A.; DE-POLLI, H. Aplicação de modelos ao estudo da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O., Ed. Fundamentos da matéria orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999, p.245-266.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E. de S. Modelagem da dinâmica da matéria orgânica do solo. In: Encontro Brasileiro Sobre Substâncias Húmicas, 3. *Anais..* UFSM, Departamento de Solos, 1999, p.78-87.
- LINN, D.M.; DORAN, J.W. 1984. Aerobic and anaerobic microbial activity in no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 794-799.
- MELLO, W.M.P. de. Desenvolvimento do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo do solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991. 121p. (Tese de Mestrado).
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., Ed. Fundamentos da matéria orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999, p.1-8.

- PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C.A.; BEVILAGUA, G.P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. *Pesq. Agropec. Bras.* v.29, n.9, p.1427-1432, set. 1994.
- SÁ, J.C. de M. Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto.. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, 1996. 24p.
- SALET, R.L. Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994. 110p. (Tese de Mestrado).
- SANTI, A.; AMADO, T.J.C.; ACOSTA, J.A.A.; PONTELLI, C.B. Nitrogênio aplicado na aveia: Influência na decomposição dos resíduos e Produtividade do milho em sucessão. In: Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo, 3. *Anais..NRS/SBCS*, 2000.
- SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. 1984. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:265-268.
- WIETHÖLTER, S. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT. 1996. 44p.

FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO COM A CULTURA DA SOJA

Mariangela Hungria¹, Rubens J. Campo¹ & Ieda C. Mendes²

¹Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86001-970 - Londrina, PR;

Fax-43-3716081; e-mail:hungria@cnpso.embrapa.br,

rjcampo@cnpso.embrapa.br; ²Embrapa Cerrados, Caixa Postal 08223 - Planaltina, DF; e-mail:mendes@cpac.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Os teores elevados de proteína e óleo dos grãos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] fazem com que a cultura tenha uma grande importância econômica e social para o Brasil, participando, de modo crescente, direta ou indiretamente, na dieta do brasileiro, além de representar a principal fonte de exportação agrícola.

A soja é considerada uma das plantas cultivadas mais antigas do mundo, com relatos de seu uso, na literatura chinesa, que datam de 2.500 anos a.C. No Brasil, há indicações de que foi introduzida em 1882, na Bahia, pelo agrônomo Gustavo D'utra, como *Soja hispida*, mas o cultivo comercial iniciou na década de 40, na Região Sul e, a partir da década de 70, nos Cerrados. Hoje, a cultura está estabelecida em quase todo o território brasileiro, inclusive nas Regiões Norte e Nordeste e o País tornou-se o segundo maior produtor mundial de grãos de soja, sendo responsável por, aproximadamente, 17% da produção mundial (revisado em Hungria et al., 1994, 2000b; Vargas & Hungria, 1997).

Os relatos sobre a importância de diversos microrganismos do solo no desenvolvimento das plantas têm sido intensificados nos últimos anos. A ação desses microrganismos afeta as propriedades físicas do solo, a ciclagem e a absorção de nutrientes, a entrada de N no sistema pelo processo de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N₂), a perda de N pela desnitrificação, o crescimento de raízes, o controle de agentes patogênicos às sementes e raízes, entre outros. O estudo das contribuições desses microrganismos é importante para incrementar a atividade dos mesmos, permitindo a substituição, parcial ou total, de insumos agrícolas, por um meio efetivo agronomicamente, de baixos custos e sem prejuízo ao ambiente (Hungria et al., 1999a). Aqui, será

discutida a ação das bactérias responsáveis pelo processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN), contribuindo para o desenvolvimento dessa cultura.

A importância econômica, para o Brasil, do processo de FBN com a cultura da soja, pode ser estimada se for considerado que, para a produção de 1 tonelada de grãos de soja, com 6,5% de N, são necessários, pelo menos, 80 kg de N e, considerando-se a produtividade média de 2.400 kg/ha, tem-se que cerca de 190 kg de N são necessários por ha. Estimativas de alguns experimentos indicam que a FBN contribui com cerca de 85% do N total acumulado nos tecidos, pois sempre há N no solo, que é absorvido pela planta. Nesse contexto, a FBN contribuiria com 162 kg de N/ha, correspondentes a 0,36 t de uréia/ha, pois esse fertilizante contém 45% de N. Com o preço da uréia a U\$ 160/t, seriam gastos, portanto, 750 milhões de dólares para a utilização de uréia nos quase 13 milhões ha cultivados com soja. Contudo, como a eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado é, em média, de apenas 50%, pois há perdas pela lixiviação e desnitrificação, a economia real é, portanto, de cerca de 1,5 bilhões de dólares. Assim, fica claro que a viabilidade econômica da cultura da soja, no Brasil, deve-se à ação dessas bactérias.

DEMANDA DE N PELA CULTURA DA SOJA

Os teores de N nos solos do Brasil são, de um modo geral, baixos. Com a intensificação da agricultura, as exigências de adição de N, bem como a sua remoção, são ampliadas e, conseqüentemente, se o N retirado do solo pelas plantas não for repostado, o teor desse nutriente decrescerá rapidamente. Quanto aos fertilizantes nitrogenados, existe um custo elevado para a síntese dos mesmos, de cerca de seis barris de petróleo para cada tonelada de amônia produzida, bem como gastos relacionados ao transporte e distribuição até as plantas. Práticas agrícolas alternativas para diminuir esses custos precisam, portanto, ser procuradas, principalmente no Brasil, que importa fertilizantes nitrogenados para satisfazer à demanda interna. Nesse quadro, a FBN aparece como uma alternativa de baixo custo, protetora do meio ambiente e com uma grande contribuição para o tipo de manejo que hoje é buscado mundialmente, o de uma agricultura produtiva, competitiva mas sustentável (Hungria et al., 1997a,b, 1999b, 2000a; Vargas & Hungria, 1997).

Pelo processo de FBN, diversas espécies de leguminosas se associam simbioticamente a bactérias pertencentes à família *Rhizobiaceae*, estabelecendo estruturas típicas, os nódulos, adaptados ao funcionamento do maquinário enzimático necessário à redução do nitrogênio atmosférico à amônia. Existem, hoje, seis gêneros e mais de 30 espécies de rizóbio descritas e, no caso da soja, a principal associação ocorre com bactérias pertencentes às espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*.

Os primeiros ensaios experimentais conduzidos no Brasil indicaram que os solos não possuíam bactérias capazes de estabelecer uma simbiose efetiva com a cultura da soja. Assim, com a expansão da cultura no País, na década de 60, foram importados inoculantes, principalmente dos Estados Unidos, para serem utilizados na semeadura, mas logo teve início um processo intensivo de seleção de estirpes, a partir de inoculantes ou de estirpes enviadas por outros laboratórios do mundo, visando maximizar o processo de FBN para as condições e variedades de soja brasileiras (Döbereiner et al., 1970; Lopes et al., 1976; Vargas & Suhet, 1980; Vargas & Hungria 1997; Hungria et al., 1999b, 2000a).

Os trabalhos de seleção de estirpes, conduzidos desde a década de 60, resultaram na recomendação de algumas estirpes durante esses anos. Hoje, a pesquisa indica quatro estirpes para a produção de inoculantes comerciais, SEMIA 587, SEMIA 5019 (=29w), SEMIA 5080 (=CPAC 7) e SEMIA 5079 (=CPAC 15) (Peres & Vidor, 1980; Vargas et al., 1992; Peres et al., 1993; Vargas & Hungria, 1997). Os inoculantes comerciais devem carregar duas dessas estirpes, não importando qual a combinação, pois todas são eficientes no processo de FBN.

O processo de seleção de estirpes de *Bradyrhizobium* mais eficientes e competitivas, porém, deve ser contínuo e é fundamental como linha de pesquisa para a cultura da soja, por diversas razões. Inicialmente, porque hoje poucas são as áreas de primeiro ano de plantio e os solos já possuem uma população "naturalizada" bastante elevada, estabelecida por inoculações anteriores. De um modo geral, essa população naturalizada garante a nodulação e taxas razoáveis de FBN, mesmo na ausência de reinoculação. Contudo, conforme foi observado em diversos experimentos conduzidos em todas as regiões produtoras de soja, freqüentemente constata-se resposta à reinoculação (Hungria et al., 2000a,b), provavelmente porque as condições de estresse a que são submetidos, freqüentemente, os nossos solos, como temperaturas

elevadas e baixo teor de umidade, resultam em alterações fisiológicas e genéticas nas estirpes, diminuindo a eficiência da FBN (Hungria & Vargas, 2000). Além disso, essa população naturalizada dificulta a introdução de novas estirpes mais eficientes, sendo necessário que a pesquisa encontre mecanismos para conferir, às estirpes superiores, competitividade. Finalmente, deve-se considerar que os patamares de produtividade das novas cultivares de soja são mais elevados, exigindo estirpes com maior capacidade de FBN e justificando a continuidade do processo de seleção de estirpes.

A REINOCULAÇÃO DA SOJA

Competir contra as estirpes do solo, adaptadas aquele ambiente, é um processo difícil, o que explica a falta de resposta à reinoculação relatada, com frequência, em outros países (por exemplo, Thies et al., 1991). No Brasil, porém, conforme mencionado no item anterior, tem-se constatado benefícios pela reinoculação das sementes de soja, resultando em aumentos significativos na nodulação, nas taxas de FBN e na produtividade, em diversos ensaios conduzidos nas principais regiões produtoras de soja do País (Vargas et al., 1992; Peres et al., 1993; Nishi & Hungria, 1996; Hungria et al., 1994, 1997a, 1999b, 2000b; Vargas & Hungria, 1997).

Ainda nesse contexto, pela análise conjunta dos resultados obtidos em treze experimentos, conduzidos entre 1993 e 1996, em rede nacional, sobre a reinoculação da soja, com diversas cultivares e sob diferentes sistemas de cultivo, constataram-se incrementos médios, no rendimento, de 7,8%, nos ensaios da Região Sul e de 3,8%, na Região Central. Os incrementos atingiram valores de até 23% no rendimento e de até 25% no teor de N dos grãos (Hungria et al., 2000b). A análise do teor de N nos grãos é de grande importância, pois um problema importante da cultura da soja reside no baixo teor de proteínas dos grãos, muitas vezes insuficiente para atender às necessidades da indústria de farelo. Mais uma vez, a FBN desempenha um papel fundamental para a solução desse problema, pois o N proveniente do processo biológico é mais facilmente translocado para os grãos (Neves & Hungria, 1997).

Ensaio conduzidos nas últimas safras confirmam a resposta à reinoculação, podendo-se verificar, por exemplo, nas Figuras 1 e 2, os resultados de dois experimentos conduzidos na Região Sul e dos

Cerrados. Na Fig. 1, em ensaios conduzidos em solos de Cerrados com população estabelecida de *Bradyrhizobium*, embora os valores não tenham diferido estatisticamente, houve um ganho, pela reinoculação com as duas estirpes selecionadas para os Cerrados, a SEMIA 5079 e a SEMIA 5080, de 88 kg/ha, na safra 1996/97 e de 636 kg/ha, na safra seguinte, quando comparado ao tratamento sem inoculação, nodulado apenas com a população naturalizada no solo (Fig. 1). No Paraná, na safra 1998/99, os incrementos observados pela inoculação com esses mesmos tratamentos foram de 160 kg/ha em Londrina, em solo com $1,4 \cdot 10^4$ células/g e de 225 kg/ha em Ponta Grossa, estatisticamente significativo, em solo com população estabelecida de $2,4 \cdot 10^6$ células/g (Fig. 2).

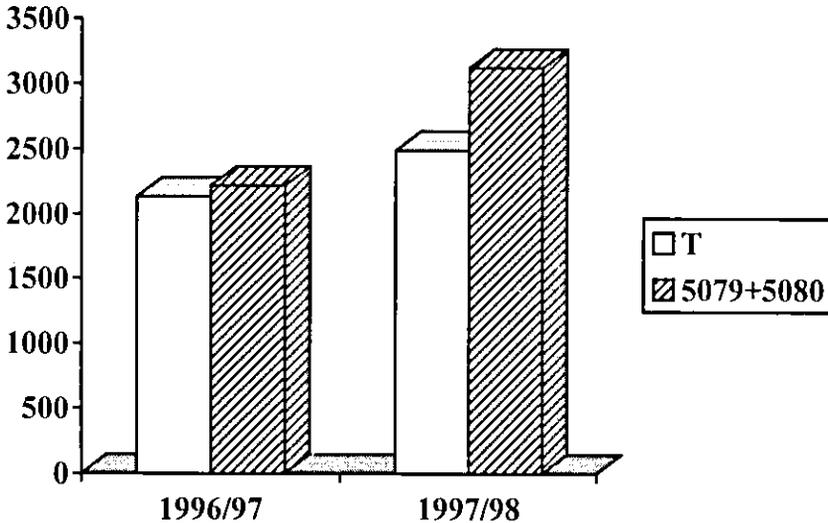


FIG. 1. Rendimento de grãos de soja (kg/ha), em resposta à reinoculação, em ensaios conduzidos em Planaltina, DF, em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium* (T, testemunha não inoculada) (Ieda C. Mendes, dados não publicados).

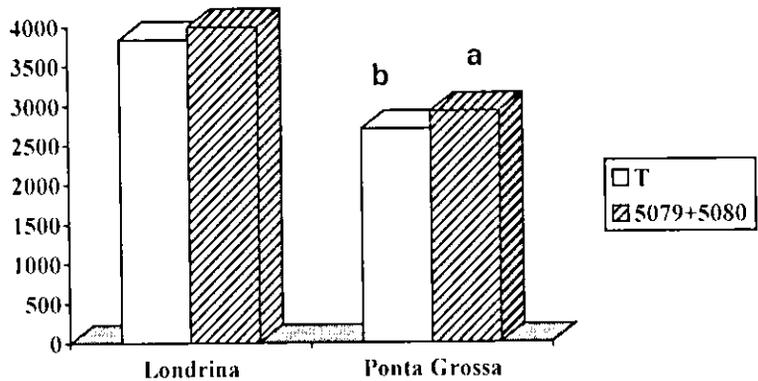


FIG. 2. Rendimento de grãos de soja cv. BR-37 (kg/ha), em resposta à reinoculação, em ensaios conduzidos em Londrina e Ponta Grossa, em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium* (T, testemunha não inoculada). Em Ponta Grossa, a reinoculação resultou em incrementos significativos no rendimento. (Rubens J. Campo & M. Hungria, dados não publicados).

Em outro ensaio conduzido na safra 1997/98, em Ponta Grossa, inicialmente foram utilizadas diversas combinações de estirpes em um solo que apresentava população de *Bradyrhizobium* inferior a $1,0 \cdot 10^2$ células/g solo. Na safra seguinte, 1998/99, três dessas repetições foram semeadas sem reinoculação e três foram reinoculadas com as mesmas combinações do ano anterior. Comparando-se o efeito residual da inoculação com o efeito da reinoculação, verificou-se que a população remanescente do solo das diferentes combinações de estirpes inoculadas na safra 1997/98 aumentou a nodulação do segundo plantio em 204%, entretanto, quando se efetuou a reinoculação, no segundo ano de plantio, essa nodulação aumentou em todas as combinações de estirpes e, em média, esse aumento passou para 369%. A melhor nodulação com a reinoculação proporcionou aumentos de rendimento em todas as combinações de estirpes usadas na reinoculação, que variaram de 5,9% (SEMIA 5019 + SEMIA 5079) a 22% (SEMIA 5079 + SEMIA 5080). Em média, a reinoculação com os oito pares de estirpes aumentou o rendimento de 3.282 kg/ha para 3.780 kg/ha, ou seja, em 15,2% (Fig. 3).

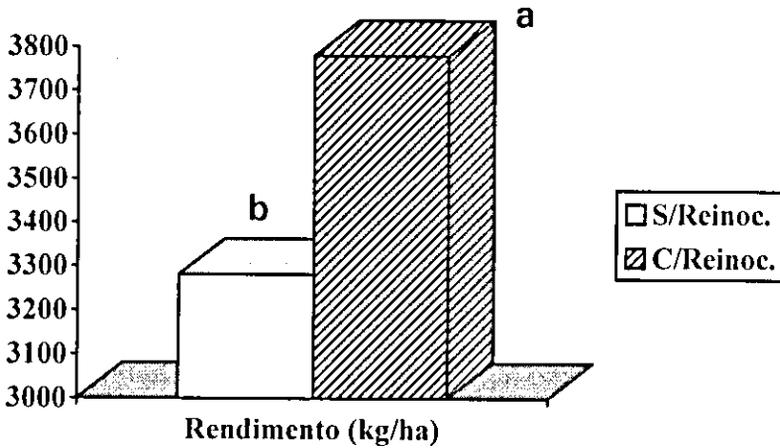


FIG. 3. Efeito da reinoculação no rendimento de grãos de soja (kg/ha) em um ensaio conduzido em Ponta Grossa. Média de rendimento obtido com oito combinações de estirpes. (Rubens J. Campo & Mariangela Hungria, dados não publicados).

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

Para os níveis de rendimento das cultivares comerciais disponíveis atualmente, nas mais variadas condições dos solos e clima brasileiros, diversos experimentos têm mostrado que a adição de fertilizantes nitrogenados a plantas bem inoculadas e fixando nitrogênio resultam em decréscimo da nodulação e, conseqüentemente, da FBN, sem que sejam constatados incrementos no rendimento da cultura.

Para os níveis de rendimento das cultivares comerciais disponíveis atualmente, nas mais variadas condições dos solos e clima brasileiros, diversos experimentos têm mostrado que a adição de fertilizantes nitrogenados a plantas bem inoculadas e fixando nitrogênio resultam em decréscimo da nodulação e, conseqüentemente, da FBN, sem que sejam constatados incrementos no rendimento da cultura.

Ainda se discute, algumas vezes, que a aplicação de uma *dose inicial de fertilizante nitrogenado*, de 10 a 30 kg de N/ha, poderia ser importante para a cultura da soja, reduzindo os sintomas de deficiência

de N que podem ocorrer no início da cultura. Esses sintomas são observados quando ocorre uma falta de sincronismo entre o esgotamento das reservas de N dos cotilédones e o início da exportação de N pelos nódulos (Hungria & Thomas, 1987).

Hungria e colaboradores (1997b) discutiram resultados obtidos, nas Regiões Sul e dos Cerrados, em que não houve resposta à aplicação dessa “dose de arranque”, pois o efeito é diluído durante o crescimento das plantas. Dois exemplos mais recentes, com a mesma magnitude de resposta, são apresentados aqui, em que a aplicação de 20 kg de N/ha no plantio, tanto em Dourados, como em Londrina, não trouxe qualquer benefício ao rendimento da cultura (Fig. 4).

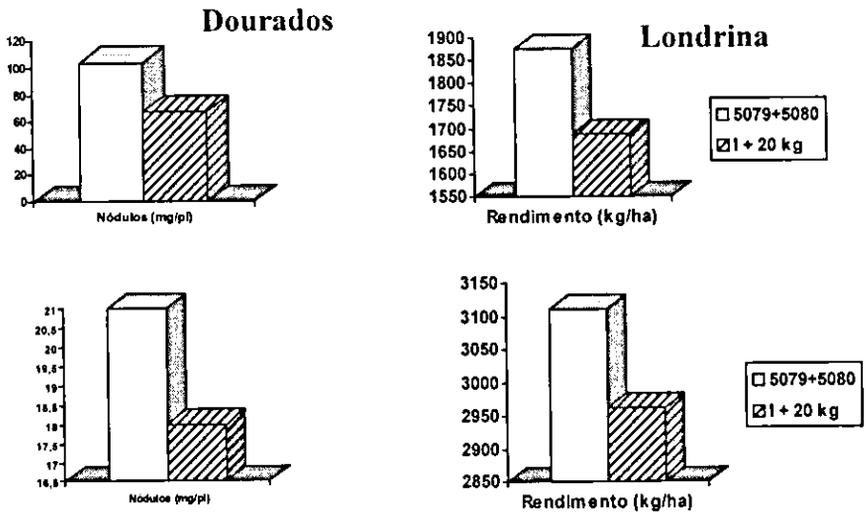


FIG. 4. Efeito da adição de uma dose inicial de fertilizante nitrogenado na nodulação e rendimento de soja inoculada. Experimentos conduzidos em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium* em Dourados (Carlos Kurihara) e Londrina (Mariangela Hungria & Rubens J. Campo) (dados não publicados).

Recentemente, surgiram questionamentos, também, sobre se poderia ocorrer uma resposta à *adubação nitrogenada no florescimento*. Contudo, conforme dados obtidos em Londrina (Lincoln Zotarelli, dados não publicados) e Uberlândia (Waldo Lara-Cabezas, dados não publicados), a maior contribuição da FBN ocorre após o florescimento. Conseqüentemente, a aplicação de fertilizante nitrogenado, justamente na maior época de atividade da FBN, apenas inibiria o processo biológico em seu estágio mais ativo.

Nos ensaios em rede nacional sobre estirpes e inoculantes para a cultura da soja, todos conduzidos em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium*, tem-se, como tratamento controle, soja não inoculada recebendo 200 kg de N/ha, 100 kg no plantio, no sulco, e 100 kg de N no florescimento, em cobertura. Em mais de 50 ensaios conduzidos nos diversos estados produtores de soja não houve diferença significativa entre o tratamento recebendo esse nível de fertilizante e os tratamentos bem nodulados com estirpes recomendadas. Os resultados de vários ensaios em que foram aplicadas doses de 120 a 200 kg de N/ha, não constatando diferenças significativas em relação aos tratamentos inoculados, já foram publicados (Nishi & Hungria, 1996; Hungria et al., 1997a,b). Os únicos casos onde há resposta à fertilização é quando o processo está limitado por um outro fator, por exemplo, pela deficiência de micronutrientes. Na Fig. 5, pode-se visualizar que a adição de 200 kg de N/ha, em dois ensaios conduzidos em Planaltina, DF, não trouxe qualquer benefício ao rendimento dos grãos.

Finalmente, pode-se afirmar que mesmo doses elevadas de N, correspondente à dose máxima de resposta da cultura ao nutriente N, de 400 kg de N/ha, parcelados dez vezes (Clovis Borkert, dados não publicados), não trouxeram qualquer benefício ao rendimento das culturas (Nishi & Hungria, 1996; Hungria et al., 1997b).

Em diversos casos de aplicação de fertilizantes nitrogenados é importante salientar, mais uma vez, que, após o florescimento, o N proveniente da FBN se transloca mais facilmente para os grãos, enquanto que o N mineral vai, preferencialmente, para as folhas, translocando-se, posteriormente, para os grãos. Assim, é possível que, visualmente, um campo de soja recebendo fertilizante nitrogenado apresente coloração mais verde do que outro, dependente da FBN. Contudo, os resultados obtidos até o momento, com os demais nutrientes sendo fornecidos adequadamente às plantas, não indicam benefícios, no rendimento, pela adição de fertilizantes nitrogenados.

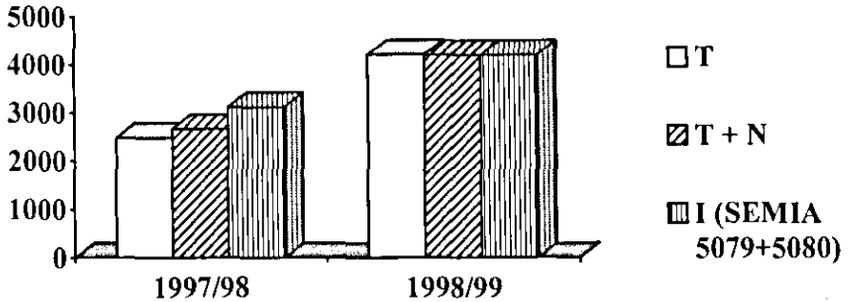


FIG. 5. Efeito da reinoculação e da aplicação de fertilizante nitrogenado (100 kg N/ha no plantio e 100 kg de N/ha no florescimento) no rendimento de soja (kg/ha). Ensaio conduzido em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium* (T, testemunha não inoculada) em Planaltina, DF. (Ieda C. Mendes, dados não publicados).

TIPOS DE INOCULANTES

Em diversos países que praticam a inoculação foi confirmado que fracassos ocorrem, freqüentemente, devido à baixa qualidade dos inoculantes (FAO, 1991; Graham & Vance, 2000; Lupwayi et al., 2000). Em países como a França e o Canadá, o estabelecimento de uma legislação rigorosa, acompanhada de programas de testes governamentais, garantiu a alta qualidade dos inoculantes locais e obrigou os exportadores a melhorarem os padrões de qualidade de seus produtos (FAO, 1991; Lupwayi et al., 2000; Stephens & Rask, 2000). No Brasil, há um quarto de século foi promulgada uma lei federal para inoculantes (decreto 74483 de 9/4/1975), mas o programa de fiscalização governamental foi, até recentemente, praticamente nulo. A partir da safra 1997/98, porém, foi dado um novo impulso à fiscalização dos inoculantes, particularmente pela necessidade de estabelecer normas de comercialização no MERCOSUL. Pela nova legislação, os inoculantes deverão ser isentos de contaminantes na diluição 10^5 e deverão conter, no momento de utilização, 10^8 células/g ou ml de inoculante, para proporcionar uma concentração mínima de 160.000 células por

semente. Essa concentração de células elevada é muito importante, pois diversos resultados de pesquisa confirmam que a boa nodulação e taxas elevadas de FBN são relacionadas com um número elevado de células nas sementes, o que faz com que, em países como a França, já sejam exigidas 1.000.000 células/semente de soja (Lupwayi et al., 2000). O controle de contaminantes também é muito importante, pois é comprovado que veículos não estéreis diminuem a viabilidade do rizóbio, além de serem passíveis de transmissão de patógenos de plantas e mesmo de humanos (Lupwayi et al., 2000; Stephens & Hask, 2000). Em um futuro próximo, a tendência será de exigência, por parte do Ministério da Agricultura, de ausência total de contaminantes.

A nível mundial, existe uma demanda elevada, por parte dos produtores de soja, por inoculantes em veículo não turfosos, pois os produtos líquidos são considerados mais fáceis de manipular (Stephens & Hask, 2000). Os inoculantes líquidos também não apresentam problemas de esterilização e sua única limitação reside em encontrar formulações adequadas que permitam a sobrevivência adequada do rizóbio (Lupwayi et al., 2000; Stephens & Hask, 2000). A melhor aceitação pelos agricultores já resulta em que, segundo dados do Ministério da Agricultura, quase 50% dos inoculantes atualmente comercializados não são à base de turfa. A turfa oferece proteção física às bactérias, aumentando a probabilidade de sucesso da inoculação em condições adversas, freqüentemente encontradas nos trópicos, como temperaturas elevadas e baixa umidade do solo (Brandão Junior & Hungria, 2000). Conforme pode ser visualizado na Fig. 6, nem todos os inoculantes líquidos apresentam o mesmo desempenho agrônômico, provavelmente porque diferem em relação às moléculas protetoras de rizóbio, uma vez que o número de células de todos eles se encontrava dentro das exigências da nova legislação, ou seja, iguais ou superiores a 10^8 células/g ou ml de inoculante. A baixa nodulação proporcionada por diversas marcas comerciais de inoculantes não-turfosos, incluindo líquidos e pó molhável, comprovada em diversos ensaios a campo, em solos de primeiro cultivo, foi amplamente relatada por Campo & Hungria (2000a). Assim, somente após junho de 2001, quando todos os inoculantes comercializados terão que comprovar a eficiência agrônômica, haverá garantia de que os inoculantes comercializados são eficientes agronomicamente.

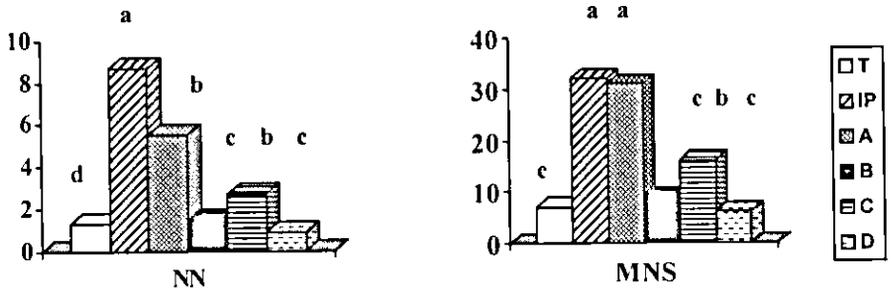


FIG. 6. Número de nódulos (NN, n°/planta) e massa de nódulos secos (MNS, mg/planta) em soja cv. BR-37 não inoculada (T), recebendo inoculante padrão (IP) (turfa, 500 g/50 kg de sementes), e com quatro inoculantes não-turfosos comerciais, todos com população adequada à legislação, de 10^8 células/ml de inoculante. Experimento conduzido em solo de primeiro ano de cultivo, com 10^2 células/g de solo, em Ponta Grossa, PR, na safra 1997/98 Médias de seis repetições e valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste "t" (5%). (Campo & Hungria, 2000a).

ADESIVOS PARA INOCULANTE TURFOSO

No caso dos inoculantes turfosos, torna-se essencial adicionar um adesivo para a turfa, sendo atualmente recomendada solução açucarada a 10%, celuloses ou goma arábica. Conforme pode ser constatado na Tabela 1, a ausência dessa prática simples pode resultar em perdas de até 92% do inoculante turfoso adicionado. Não aplicar um adesivo, portanto, resulta no desperdício de inoculante turfoso. No Paraná, em quatro experimentos realizados em solos com população estabelecida de *Bradyrhizobium*, a reinoculação da soja com solução açucarada a 10% resultou em um incremento médio, estatisticamente significativo, de 237 kg/ha, ou 8,6% em relação à reinoculação com água, e de 17,5% em relação à população naturalizada do solo (Brandão Junior & Hungria, 2000).

Do mesmo modo, fica evidenciado, na Tabela 2, que as sementes, mesmo na presença de um adesivo, não conseguem aderir doses superiores a 600 g de turfa/50 kg de sementes. Na dose de 1.000 g, por exemplo, somente 66% do inoculante foi aderido às sementes.

TABELA 1. Efeito da concentração de solução açucarada na aderência do inoculante turfoso às sementes e no rendimento de soja, cv. BR-37, em experimento conduzido em LRd de Londrina, em solo com população estabelecida (10^5 células/g de solo). Médias de dois experimentos conduzidos nas safras 1994/95 e 1995/96, com a dose de 500 g de inoculante turfoso/50 kg de sementes. (Modificado de Brandão Junior et al., 1999).

Solução açucarada (%)	Total do inoculante aderido (g)	Rendimento (kg/ha)
0	241 b ¹	2.734 b ²
10	458 a	3.106 a
15	460 a	2.938 ab
20	440 a	2.815 ab
25	404 a	2.904 ab
T	-	2.398 b

¹ Médias de quatro repetições e, quando seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

² Médias de seis repetições e, quando seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan (5%).

TABELA 2. Efeito da dose de inoculante turfoso (g de inoculante/50 kg de sementes) na aderência do inoculante às sementes e no rendimento dos grãos de soja, cv. BR-37, em um LVE com população naturalizada (10^3 células/g solo) de Ponta Grossa, na safra 1995/96. (Modificado de Brandão Junior et al., 1999).

Dose do inoculante	Total do inoculante aderido		Rendimento de grãos (kg/ha)
	(g/50 kg)	(%)	
0	0	0	2.855 b ²
250	230	92% a ¹	3.186 ab
500	443	89% a	3.372 a
750	600	80% b	3.075 ab
1.000	666	66% c	3.101 ab

¹ Médias de quatro repetições e, quando seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

² Médias de seis repetições e, quando seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan (5%).

TRATAMENTO DAS SEMENTES COM FUNGICIDAS E MICRONUTRIENTES

Atualmente, devido à expansão da cultura da soja para outras regiões do Brasil e com o aumento dos níveis de rendimento, resultando em maior demanda de N, outros fatores de produção passaram a ser importantes na obtenção de altos rendimentos. Pode-se citar, como os mais importantes atualmente, a aplicação de fungicidas (Campo & Hungria, 1999, 2000b) e micronutrientes (Campo et al., 1999; Albino & Campo, 2000) nas sementes, juntamente com os inoculantes. Em relação aos fungicidas, o tratamento de sementes com esses produtos é essencial para garantir a boa germinação das sementes em condições de baixa umidade dos solos ou de má qualidade fisiológica das sementes. Quanto aos micronutrientes, a agricultura intensiva por vários anos resulta no empobrecimento de nutrientes do solo, tendo-se constatado, com frequência, deficiência de molibdênio (Mo) e cobalto (Co),

essenciais à FBN. Contudo, o tratamento das sementes com fungicidas e micronutrientes pode reduzir a nodulação e FBN, uma vez que afeta diretamente a população de células viáveis da bactéria na semente, o que, independente da população existente no solo, é essencial para a obtenção de nódulos na coroa do sistema radicular da soja, que são aqueles com maior eficiência no processo de FBN. Conseqüentemente, deve-se tentar viabilizar o uso de fungicidas e micronutrientes que sejam compatíveis com o inoculante.

O efeito positivo particularmente do Mo na FBN é largamente relatado, mas a aplicação de formas salinas nas sementes podem afetar drasticamente a sobrevivência da bactéria, a nodulação e a eficiência da FBN (Campo et al., 1999; Albino & Campo, 2000). O teste de diversas fontes de Co e Mo mostrou diferenças, entre as mesmas, no nível de toxicidade ao *Bradyrhizobium*, conforme pode ser constatado na Fig. 7.

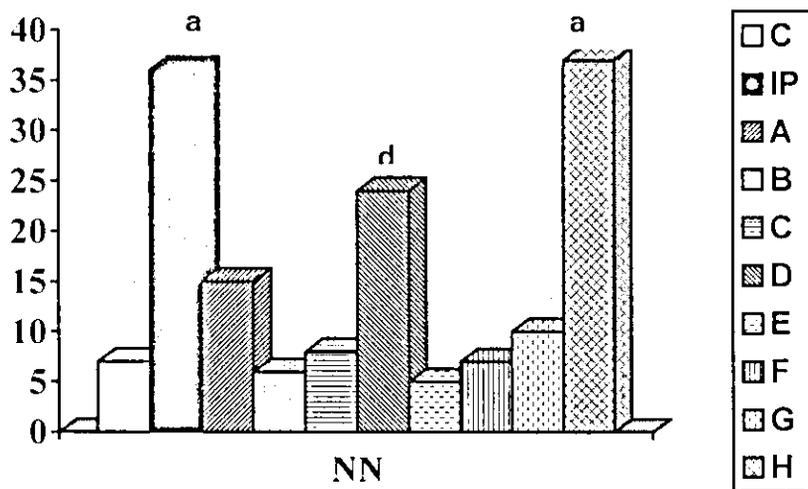


FIG. 7. Efeito de diversas fontes de Mo e Co no número de nódulos (NN, n°/planta) de soja, cv. BR-37, em um solo de primeiro plantio, sem população estabelecida de *Bradyrhizobium*, de Vera Cruz do Oeste, na safra 1998/99. (R. J. Campo & M. Hungria, dados não publicados).

Alguns produtos reduziram drasticamente a nodulação, mas fica também evidenciado que, no caso do produto H, que havia sido alertado para os efeitos deletérios ao *Bradyrhizobium*, com a alteração na composição do produto não ocorreu a redução na nodulação. Outras alternativas para a aplicação de Mo mostraram-se viáveis, como a aplicação foliar, sozinha ou em conjunto com herbicidas, baculovírus ou inseticidas (Campo et al., 1999). No futuro, a comercialização de sementes ricas em Mo mostra-se como uma tecnologia promissora, pois, conforme pode ser constatado pela Tabela 3, sementes enriquecidas com Mo permitem alcançar altos níveis de rendimento sem alterar a viabilidade das células nas sementes, causada pela presença dos sais.

Efeitos ainda mais drásticos têm sido observados pelo tratamento com fungicidas. Conforme pode ser constatado pela Fig. 8, a aplicação de fungicidas causou um decréscimo de até 41% no número de nódulos de um experimento conduzido a campo, em área de primeiro ano de cultivo.

TABELA 3. Nodulação e rendimento de soja, cv. BR-37, pelo plantio com sementes apresentando alto (7,6 $\mu\text{g/g}$ de semente), médio (0,25 $\mu\text{g/g}$) ou baixo (não detectado) teor de Mo., como única fonte de fornecimento desses micronutrientes. (Modificado de Campo et al., 1999).

Mo nas sementes	Nodulação		Rendimento (kg/ha)
	Número (nº/planta)	Massa (mg/planta)	
Alto	23 a ¹	35 a	3.378 a
Médio	19 b	28 b	3.049 b
Baixo	20 b	26 b	2.766 c

¹ Os dados representam médias de seis repetições e valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste "t" (5%).

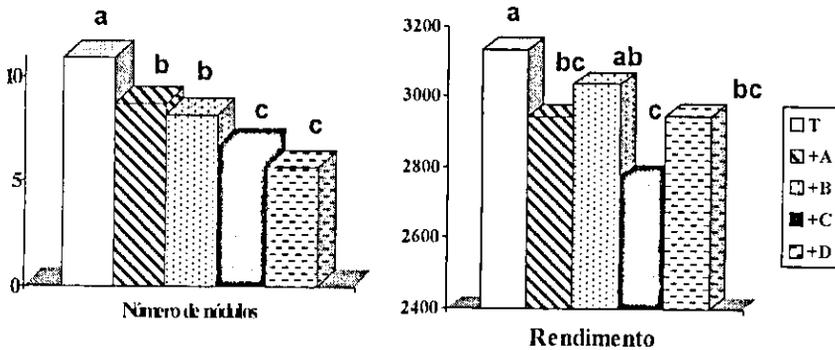


FIG. 8. Efeito da aplicação de quatro fungicidas no número de nódulos (nº/planta) e rendimento de grãos (kg/ha) de soja, cv. BR 37, em relação ao tratamento controle (T) sem fungicidas. Todos os tratamentos receberam inoculante turfoso (500 g de turfa/ 50 kg de sementes, com população de $3,7 \cdot 10^9$ células/g) e o ensaio foi conduzido em solo de primeiro ano de cultivo (10^2 células/g) em Ponta Grossa, na safra 1997/98. Os dados representam médias de seis repetições e, quando seguidos pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste "t" (5%). (Modificado de Campo & Hungria, 1999).

Os efeitos dos fungicidas na nodulação e FBN foram, recentemente, amplamente discutidos por Campo & Hungria (1999, 2000b) ficando evidente que novas formulações, menos tóxicas ao *Bradyrhizobium*, devem ser procuradas e testadas, caso contrário sintomas de deficiência de N poderão ser verificados, particularmente em culturas desenvolvidas em solos de primeiro ano de cultivo, sem população estabelecida.

PLANTIO DIRETO X PLANTIO CONVENCIONAL

Os benefícios do plantio direto (PD) na FBN já foram constatados em diversos estudos, tendo sido relatados incrementos, em relação ao plantio convencional (PC), no número de células de rizóbio, na nodulação, no N total acumulado pelas plantas e no rendimento dos grãos, tanto nas culturas da soja como do feijoeiro (Voss & Sidiras,

1995; Hungria et al., 1997c; Campo & Hungria, 2000a; Hungria, 2000). Constatou-se, ainda, um aumento na diversidade de rizóbio sob o PD, em relação ao PC, o que pode ser determinante para a manutenção do processo biológico, a longo prazo, em sistemas submetidos a estresses ambientais (Ferreira et al., 2000; Hungria & Vargas, 2000).

Em Londrina, por exemplo, foram obtidos rendimentos de 4.500 e 4.400 kg/ha no PD e no PC, respectivamente, sendo que a contribuição da FBN foi superior no PD, respondendo por 81% do N total acumulado nas plantas, enquanto que no PC essa contribuição foi de 71% (Lincoln Zotarelli, dados não publicados). Contudo, no atual estágio de conhecimento, embora tenha sido demonstrado que o PD favorece diversas etapas da simbiose, não existe informação concreta sobre a periodicidade necessária para a reinoculação da soja nesse sistema. Conseqüentemente, como a reinoculação garante a introdução de bactérias eficientes, competitivas e em um estágio fisiológico adequado, recomenda-se a reinoculação anual também em sistemas de PD pois, conforme pode ser constatado pelos trabalhos desenvolvidos, a campo, pela EMATER (RS) e *Embrapa Trigo* (Tabela 4), verifica-se que a reinoculação da soja favoreceu aumentos de rendimentos em diversos locais de cultivo de soja, especialmente naqueles onde foram constatados altos rendimentos de soja. Isso mostra que, mesmo no caso do PD, a imobilização temporária do N do solo, pela adição dos restos culturais, favorece o processo biológico, não havendo necessidade de qualquer suplementação com fertilizantes nitrogenados. De fato, conforme pode ser constatado pela Fig. 9, não houve resposta à complementação com até 30 kg de N/ha com fertilizantes nitrogenados, em ensaio conduzido na Região dos Cerrados.

TABELA 4. Rendimento de grãos de soja (kg/ha) em função da inoculação em solos com plantio direto (PD). Emater (Passo Fundo e Erechim, RS) e *Embrapa Trigo* (Passo Fundo), safra 1997/98. (Marcio Voss, dados não publicados).

Município	Inoculado	Sem inoculação	% Incremento pela inoculação	Tempo sob PD (anos)
Sertão	2.694	2.583	+ 4,12	7
Erebango	2.600	2.700	- 5,77	4
Áurea	2.700	2.645	+ 2,00	4
Sananduva	2.560	2.400	+ 6,25	4
Marau	3.547	3.251	+ 9,50	5
Sarandi	3.300	3.200	+ 3,03	3
Carazinho**	3.780	3.807	- 0,70	4
Lagoa Ver.	1.974	2.013	- 1,97	4
S. José Ouro	3.294	3.251	+ 1,30	-
Médias	2.939	2.872	2,3	-

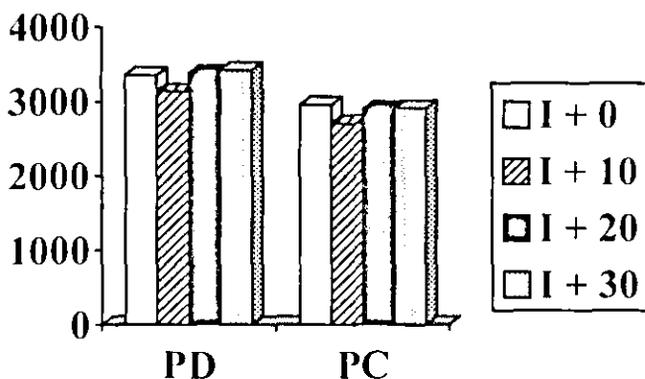


FIG. 9. Rendimento de grãos (kg/ha), sob os sistemas de PD e PC, após cultura do milho, de soja inoculada (I) e suplementada com até 30 kg de N/ha no sulco, no plantio. Ensaio conduzido em Planaltina, DF. Não houve diferença estatística entre os tratamentos. (Ieda C. Mendes, dados não publicados).

DIVULGAÇÃO DA TÉCNICA DE INOCULAÇÃO

A divulgação dos benefícios da inoculação e reinoculação é tão importante quanto a obtenção dos resultados de pesquisa. Segundo dados da COAMO (Cooperativa Agrícola de Campo Mourão), na safra 1992/93, foi verificado o índice mais baixo de utilização de inoculantes, de apenas 20%. Nessa época, foi iniciado um programa de divulgação da técnica da inoculação, liderado pela *Embrapa Soja*, que resultou em um incremento para 78%, em 1997/98 (Fig. 10). A menor divulgação, a partir de 1997, já resultou em um decréscimo para 60% de utilização de inoculantes na safra seguinte, o que evidencia que trabalhos de extensão e divulgação da tecnologia precisam ser feitos constantemente.

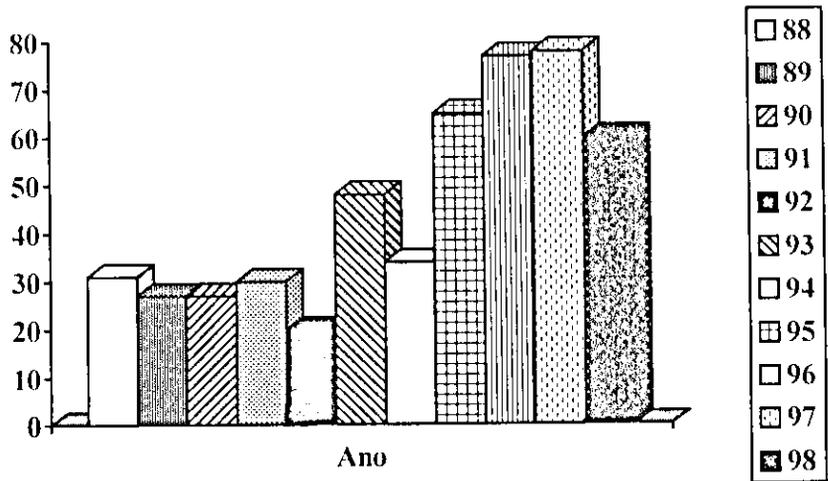


FIG. 10. Uso de inoculantes pelos associados da cooperativa COAMO. (Joaquim Mariano, dados não publicados).

AGRADECIMENTOS

Trabalhos parcialmente financiados pela FINEP/CNPq/MCT, PRONEX, Grupo de Excelência em Fixação do Nitrogênio (41.96.0884.00). M. Hungria é também bolsista do CNPq (520396/96-0). Aprovado pelo Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento da *Embrapa Soja*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, U.B.; CAMPO, R.J. Efeito de doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica do nitrogênio em soja (*Glycine max* L. Merrill). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2000 (aceito).
- BRANDÃO JUNIOR, O.; HUNGRIA, M. Efeito de concentrações de solução açucarada na aderência do inoculante turfoso às sementes, na nodulação e no rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.515-526, 2000.
- BRANDÃO JUNIOR, O.; HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J. **Inoculação de sementes de soja: Efeito da dose de inoculante turfoso e do uso de açúcar como aderente da turfa**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 7p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 61).
- CAMPO, R.J.; ALBINO, U.B.; HUNGRIA, M. **Métodos de aplicação de micronutrientes na nodulação e na fixação biológica do N₂ em soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. (Embrapa Soja. Pesquisa em Andamento, 19).
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. **Compatibilidade do uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000b. (Embrapa Soja. Boletim de Pesquisa, 4).
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. **Efeito do tratamento de sementes com fungicidas na nodulação e fixação simbiótica N₂**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. (Embrapa Soja. Pesquisa em Andamento, 21).

- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja em sistema de plantio direto. In: **SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM NUTRIÇÃO DE PLANTAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**, 1., 2000, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa: Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais, 2000a. p.146-160.
- DÖBEREINER, J.; FRANCO, A.A.; GUZMÁN, I. Estirpes de *Rhizobium japonicum* de excepcional eficiência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.5, p.155-161, 1970.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **Expert consultation on legume inoculant production and quality control**. Rome: FAO, 1991. 145p.
- FERREIRA, M.C.; ANDRADE, D.S.; CHUEIRE, L.M.O.; TAKEMURA, S.M.; HUNGRIA, M. Effects of tillage method and crop rotation on the population sizes and diversity of bradyrhizobia nodulating soybean. **Soil Biology & Biochemistry**, v.32, p.627-637, 2000.
- GRAHAM, P.H.; VANCE, C.P. Nitrogen fixation in perspective: An overview of research and extension needs. **Field Crops Research**, v.65, p.95-106, 2000.
- HUNGRIA, M. Características biológicas em solos manejados sob plantio direto. In: Siembra directa: Una herramienta para la agricultura conservacionista, RELACO, V., Florianópolis, 1999. **Anais...** Florianópolis: EMPASC, 2000. (CD rom)
- HUNGRIA, M.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A. **Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997c. 9p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado Técnico, 56).
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; VARGAS, M.A.T.; CATTELAN, A.J.; MENDES, I.C. Microbiologia do solo e produtividade da soja. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA**, 1., 1999, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, 1999a. p.126-137. (Embrapa Soja. Documentos, 124).

- HUNGRIA, M.; THOMAS, R.J. Effects of cotyledons and nitrate on nitrogen assimilation of *Phaseolus vulgaris* L. **MIRCEN Journal**, v.3, p.411-419, 1987.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T. Environmental factors impacting N₂ fixation in legumes grown in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v.65, p.151-164, 2000.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ANDRADE, D.S.; CAMPO, R.J.; CHUEIRE, L.M.O.; FERREIRA, M.C.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio em leguminosas de grãos**. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINNI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G., eds. Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999b. p.597-620.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; ARAUJO, R.S.; KURIHARA, C.; MAEDA, S.; SÁ, E.S.; CAMPO, R.J.; CATTELAN, A.J.; MENDES, I.C.; OLIVEIRA, M.C.N. Brazilian trials to evaluate the effects of soybean reinoculation. In: PEDROSA, F.O.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G.; NEWTON, W.E., eds. **Nitrogen fixation: From molecules to crop productivity**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000b. p.549.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J.; CHUEIRE, L.M.O.; ANDRADE, D.S. The Brazilian experience with the soybean (*Glycine max*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*) symbioses. In: PEDROSA, F.O.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G.; NEWTON, W.E., eds. **Nitrogen fixation: From molecules to crop productivity**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000a. p.515-518.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R. **A inoculação da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997a. 28p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 17. EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 34).
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; CAMPO, R.J.; GALERANI, P.R. **Adução nitrogenada na soja?** Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1997b. 4 p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado Técnico, 57).

- HUNGRIA, M.; VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica do nitrogênio em soja. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M., eds. **Microorganismos de importância agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.9-89.
- LOPES, E.S.; GIARDINI, A.R.; KIIHL, R.A.S. Presença e eficiência de *Rhizobium japonicum* em solos cultivados ou não com soja, no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.35, p.389-396, 1976.
- LUPWAYI, N.Z.; OLSEN, P.E.; SANDE, E.S.; KEYSER, H.H.; COLLINS, M.M.; SINGLETON, P.W.; RICE, W.A. Inoculant quality and its evaluation. **Field Crops Research**, v.65, p.259-270, 2000.
- NEVES, M.C.P.; HUNGRIA, M. The physiology of nitrogen fixation in tropical grain legumes. **CRC Critical Reviews in Plant Science**, v.6, p.267-321, 1987.
- NISHI, C.Y.M.; HUNGRIA, M. Efeito na reinoculação na soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em um solo com população estabelecida de *Bradyrhizobium* com as estirpes SEMIA 566, 586, 587, 5019, 5079 e 5080. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, p.359-368, 1996.
- PERES, J.R.R.; VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja. **Agronomia Sulriograndense**, v.16, p.205-219, 1980.
- PERES, J.R.R.; MENDES, I.C.; SUHET, A.R.; VARGAS, M.A.T. Eficiência e competitividade de estirpes de rizóbio para a soja em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.357-363, 1993.
- STEPHENS, J.H.G.; RASK, H.M. Inoculant production and formulation. **Field Crops Research**, v.65, p.249-258, 2000.
- THIES, J.E.; SINGLETON, P.W.; BOHLOOL, B.B. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field-grown legumes. **Applied and Environmental Microbiology**, v.57, p.19-28, 1991.

- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. Fixação biológica do N₂ na cultura da soja. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos de Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.297-360.
- VARGAS, M.A.T.; MENDES, I.C.; SUHET, A.R.; PERES, J.R. **Duas novas estirpes de rizóbio para a inoculação da soja**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1992. 3p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 62).
- VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R. Efeitos da inoculação e deficiência hídrica no desenvolvimento da soja em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.17-21, 1980.
- VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.775-782, 1985.

CONTRIBUIÇÃO DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO EM SISTEMAS PRODUTIVOS E NA SUSTENTABILIDADE DOS ECOSISTEMAS

Avílio Antônio Franco⁽¹⁾ e Fabiano de Carvalho Balieiro⁽²⁾

⁽¹⁾Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Caixa Postal 74.505, 23851-970 Seropédica - Rio de Janeiro.

⁽²⁾ Estudante de Doutorado em Ciência do Solo na UFRRJ.

INTRODUÇÃO

A despeito de ser um elemento abundante na atmosfera, o nitrogênio é o nutriente que mais limita a produção vegetal; dessa forma, o fertilizante nitrogenado assume o primeiro lugar entre os mais produzidos em todo mundo (89,9 milhões de t em 1996/97, segundo FAO, 1998).

Mesmo possuindo um déficit de N em sua agricultura de 888 mil t (Yamada e Lopes, 1999), o Brasil tem-se destacado no cenário agrícola internacional pelo uso da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) que é facilmente comprovado não apenas pela baixa relação N/demais nutrientes usada na agricultura (Franco e Balieiro, 1999), mas também pelo aumento do déficit citado acima para 2,45 milhões de t caso a soja e o feijão fossem dependentes unicamente de fertilizantes nitrogenados (Yamada e Lopes, 1999).

Apesar da demanda presente de fertilizantes estar aumentando, havendo até projeções de que ela continuará a aumentar nos próximos anos (FAO, 1998), a taxa de crescimento da população mundial está declinando, com tendência de estabilização e até redução da população mundial no próximo século. Certamente haverá uma estabilização ou, quem sabe, até mesmo um declínio na demanda por alimentos, especialmente com a diminuição de desperdício e melhoria no sistema atual de distribuição de alimentos no mundo (Franco e Balieiro, 2000).

Diante dessas projeções, do avanço da ciência na área agrícola, da busca crescente pela produção de alimentos saudáveis e da qualidade do meio ambiente, atenção especial deve ser dada à maximização do uso de organismos fixadores de N₂ na agricultura. Deste modo, serão apresentados, a seguir, alguns aspectos da FBN em sistemas de produção brasileiros bem como a importância de se potencializar o uso

de microrganismos ditos diazotróficos, simbiontes ou não, para a produção e sustentabilidade dos sistemas produtivos. As vantagens e desvantagens da FBN em relação ao uso de fertilizantes nitrogenados, bem como a importância da FBN na sustentabilidade de outros ecossistemas foram discutidas recentemente por Franco e Balieiro (1999; 2000) e por isso não serão apresentadas nesse trabalho.

A CONTRIBUIÇÃO DA FBN

Das leguminosas produtoras de grãos, a soja é a de maior importância econômica e de maior contribuição da FBN, seguida pelo feijoeiro, amendoim, caupi e ervilha. Apesar da redução na área plantada e na produtividade da soja em 1999 (Tabela 1), a contribuição da FBN no total de N exportado pela cultura chegou a US\$ 1,6 bilhão. Porém, considerando a baixa eficiência de uso dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas, essa contribuição ultrapassa os US\$ 4,5 bilhões, ou seja, quase o total exportado pelo complexo soja (grão, farelo e óleo) em 1998 (US\$ 4,9 milhões) pelo Brasil (Silva, 1998).

Para a cultura do feijoeiro, ao contrário da soja, a economia em adubos nitrogenados é mais pela nodulação com estirpes de rizóbio nativas existentes no solo do que como resultado da inoculação com estirpes selecionadas. Dentre as espécies de rizóbio que nodulam o feijoeiro, o *Rhizobium tropici* apresenta maior tolerância à acidez e às temperaturas elevadas, e tem estirpe altamente competitiva e eficiente (Mercante, 1993; Vlassak, 1997). Entretanto, por contraditório que pareça, a sobrevivência saprofítica desta estirpe não é favorecida pela cultura do feijoeiro (Vlassak et al., 1997, Stralio et al., 1999). Este fato, que aparentemente é um aspecto negativo, pode representar uma vantagem pois facilita a introdução de novas estirpes mais eficientes em plantios sucessivos na mesma área.

Apesar de ser cultivado nos trópicos, o feijoeiro possui características de cultura de clima temperado. É sensível à acidez, exigente em nutrientes, principalmente P e Mo e pouco tolerante às temperaturas elevadas, principalmente quando depende da simbiose (Franco & Dobereiner, 1994). É susceptível a diversas pragas e doenças, inclusive ao ataque de *Cerotoma arcuata*, um inseto que come os nódulos do feijoeiro e de várias leguminosas, limitando assim a produção de grãos (Teixeira et al., 1996). A produtividade média nacional da cultura do feijão é baixa (665 kg/ha) (Tabela 1). Experimentos

conduzidos no Brasil, com cultivares dos tipos II e III, com ciclo médio de até 90 dias, têm mostrado que produtividades de até 1.500 kg/ha podem ser obtidas tendo apenas a simbiose e solo com baixa disponibilidade de N como fontes de nitrogênio (Franco e Dobereiner, 1994). Para produtividades maiores, há necessidade de adição de nitrogênio mineral, que pode ser usado de forma complementar à simbiose se aplicado pouco antes do início da floração (Franco et al., 1979).

Supondo que 1/3 do N nos grãos do feijão, que saem do campo, seja de origem biológica, cerca de 32 milhões de dólares foram economizados em fertilizantes nitrogenados em 1999.

Outras leguminosas produtoras de grãos de importância, como o caupi, ervilha, feijão guandu, grão-de-bico, feijão mungo e amendoim, nodulam abundantemente com população nativa de rizóbio do solo ou por meio da inoculação com estirpes selecionadas (caupi e ervilha); logo, contribuições significativas da FBN estão também associadas a tais espécies, mas com informações ainda insuficientes quanto à resposta à inoculação para que alguma generalização possa ser feita. Sobre as espécies citadas, recomenda-se os trabalhos de Martinazzo (1989), Vargas et al. (1994), Giller e Wilson (1991), Ugarte et al. (1996) e Duque e Pessanha (1990).

A cultura do milho, dentre as não leguminosas mais plantadas no Brasil, é a que mais contribuiu para o déficit em N da agricultura brasileira, com retirada média anual (1993-96) de 738,8 mil t do campo via exportação de seus grãos (Fig. 1) (Yamada e Lopes, 1999). Mesmo que outras não leguminosas participem no aumento desse déficit, estudos recentes têm mostrado que valores de 10 a 60% do N acumulado na planta são provenientes do N₂ atmosférico em arroz, cana-de-açúcar e algumas gramíneas forrageiras (Boddey & Victoria, 1986; Miranda & Boddey, 1987; Boddey & Dobereiner, 1988; Urquiaga et al., 1992). Baldani et al. (1999) porém, em revisão recente, citam que os resultados de experimentos de inoculação com *Azospirillum* (maioria dos isolados tem sido obtida de plantas de maior interesse econômico) demonstram grande variabilidade nos resultados em culturas como trigo, arroz, milho e sorgo que podem representar aumentos de até 30%.

TABELA 1. Área plantada, produção, produtividade, total de N exportado do solo, via grãos, e economia estimada em fertilizantes nitrogenados pela FBN nas culturas da soja e feijão no Brasil.

Ano	Área (ha x 1.000)	Produção (t x 1.000)	Produtividade (kg/ha)	N no grão ² (t x 1.000)	Economia ³ (US\$ x 10 ⁶)
Soja					
1970/71 ¹	1.716,4	2.014,3	1.174	121	108,34
1980/81 ¹	8.501,2	15.007,4	1.765	900	805,81
1990/91 ¹	9.583,0	15.522,0	1.620	931	833,56
1998 ²	13.162,0	31.377,9	2.384	1.883	1.685,93
1999 ²	13.004,4	30.781,4	2.367	1.847	1.653,69
Feijão					
1998 ²	3.997,5	2.206,3	552	88,2	78,97
1999 ²	4.557,3	3.030,7	665	121,2	108,52

¹ IBGE (1992); ² Considerando 6 e 4% de N no grão de soja e feijão respectivamente; ³ CONAB extraído de AGRIANUAL: Anuário...1999 (dados parciais até julho de 1999);³ Valor equivalente ao N exportado e considerando a tonelada de N, na forma de sulfato de amônio, igual a US\$ 895,34.

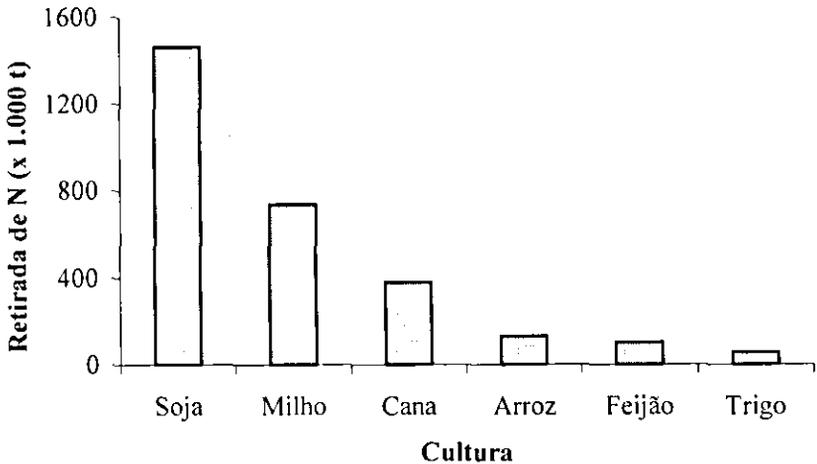


FIG. 1. Retirada de N pelas principais culturas que mais demandam fertilizantes no Brasil (Yamada e Lopes, 1999).

Grande parte dos estudos com cana-de-açúcar foram e continuam sendo realizados por pesquisadores brasileiros. Estes, nos últimos anos, tem intensificado seus trabalhos em variedades capazes de obter parte significativa do N demandado pela cultura através da FBN. Segundo Urquiaga et al. (1992), a cana-de-açúcar bem manejada, pode chegar a produções superiores a 200 t/ha, três vezes a média nacional, com até 58% de nitrogênio absorvido oriundo da FBN. Sendo assim, se a área plantada no Brasil com cana-de-açúcar fosse substituída pela cultivar que obteve tal percentual de contribuição (CB 45-3), e considerando a média brasileira de produtividade obtida em 1999 (69,25 t/ha), pode-se estimar, desconsiderando a eficiência de utilização de N pela cana, uma economia anual próxima a US\$ 202 milhões.

É importante ressaltar ainda que, esses resultados são devidos somente a seleção de genótipos mais eficientes e que existe a possibilidade de aumentar a eficiência da associação através da inoculação de estirpes endofíticas selecionadas ou geneticamente modificadas, durante o processo de micropropagação das plantas e adequação do suprimento de água e nutrientes como P, K e Mo.

Quanto à contribuição da FBN à cultura do arroz, Boddey et al. (1995) citam que a metodologia utilizada na estimativa da FBN em experimentos de vaso ou de campo, para a cultura, oferecem discrepâncias significativas. Os trabalhos revisados pelos autores, utilizando o balanço de N, sugerem contribuições superiores a $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cultivo}^{-1}$, ao passo que conduzidos com a método da redução do acetileno, $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Baldani et al. (1999) estimaram, baseados em dados de Ladha et al. (1997), que uma economia global de cerca de 1,65 bilhões de reais poderia ser feita caso 30% do N demandado pela cultura do arroz fosse advindo da FBN. Porém ressalvam que, para se obter aumento de 20 a 40% na produção de cereais, deve haver preocupação com a seleção de genótipos menos dependentes de fertilizantes nitrogenados e com a seleção de estirpes de alta eficiência, além da necessidade de se investir em veículos de inoculação e na sua qualidade.

O isolamento recente de bactéria endofíticas diazotróficas nas raízes, caule, folhas e frutos de plantas de abacaxizeiro (*Ananas* sp.) e de bananeira (*Musa* sp.) por Weber et al. (1995) abrem uma perspectiva nova da contribuição da FBN para as fruteiras. Enquanto os avanços nessa área ocorrem lentamente, outras alternativas de valor econômico e ecológico da inserção da FBN nos sistemas produtivos são expressivos. Em experimento de longa duração, Espinola et al. (2000) avaliaram três diferentes espécies de leguminosas herbáceas perenes (amendoim forrageiro - *Arachis pintoii*, cudzu tropical - *Pueraria phaseoloides* e siratro - *Macroptilium atropurpureum*) utilizadas como coberturas vivas à cultura da bananeira. Segundo os autores, a introdução das leguminosas proporcionaram desempenho produtivo das bananeiras muito superior ao conferido pela vegetação espontânea formada por capim colômbio, sendo o siratro a leguminosa de maior destaque aos 19 meses após implantação do pomar. Além de proporcionar precocidade na colheita (realizada aos 15,8 meses), a cobertura realizada pela espécie (siratro) proporcionou aumento no número de frutos, no peso dos cachos e das pencas, quando comparadas com o amendoim forrageiro (Fig. 2). Com a cobertura de capim colômbio com ou sem aplicação de 160 de N por kg/ha.ano divididos em quatro aplicações, mesmo mantendo coroamento em volta das plantas de bananeiras, até a época da avaliação nenhuma planta apresentava frutos no ponto de corte e as mesmas apresentavam crescimento muito inferior a das parcelas com cobertura de leguminosas (Foto 1).

A importância das espécies arbóreas ou arbustivas, fixadoras de nitrogênio atmosférico, pode ser evidenciada em diversos sistemas de produção, assumindo distintos papéis, como a produção de alimento, forragem (leucena, algaroba, albizia, etc.), lenha e carvão (várias), mel (*Mimosa scabrella*), moirões vivos (*Gliricidia sepium*, *Erythrina verna*) ou não (*M. caesalpiniiifolia*) e de vários outros produtos (goma arábica - *Acacia senegal*). Dentre as funções de proteção, essas espécies ajudam no controle da erosão, na estabilidade de taludes, como quebra-ventos e qualidade da água. Como ferramenta de uso silvicultural, Gordon (1983) cita algumas vantagens e desvantagens (Tabela 2) da introdução dessas espécies em sistemas de produção agrícola.

As leguminosas arbóreas fixadoras vêm sendo também utilizadas na recuperação de áreas degradadas (Franco et al., 1992; Dias et al., 1994; Santos et al., 1994; Franco e Faria, 1997; Campello, 1999), na arborização de pastagens (Carvalho, 1997; Carvalho et al., 1999; Franco e Campello, 2000), em sistemas agroflorestais (Kass et al., 1997), na produção de madeira (Brinkley et al., 1992; Debell et al., 1997; Balieiro, 1999) e outros.

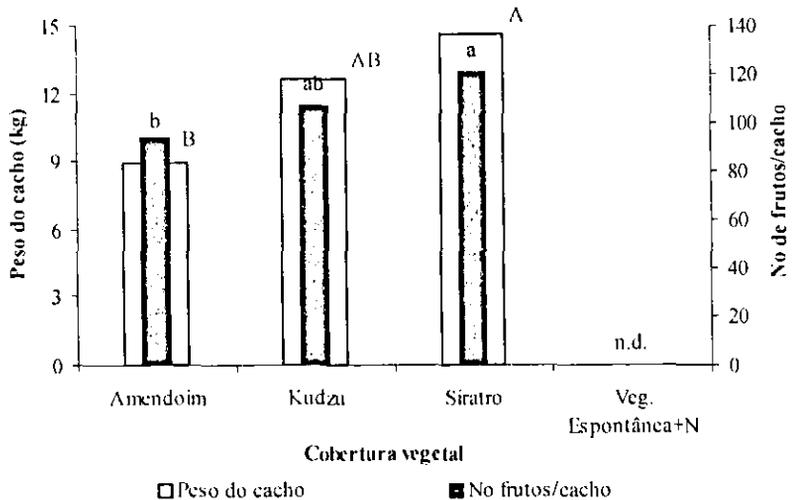


FIG. 2. Peso do cacho e número de frutos por cacho de bananeira (cv. Nanicão) cultivada sobre influência de quatro diferentes espécies leguminosas recomendadas como cobertura viva. (n.d. = cachos não disponíveis para colheita) (Extraído de Espínola et al. 2000).



Foto 1 - Resposta da bananeira a diferentes coberturas de solo (Espinola et al., 2000).

TABELA 2. Vantagens e desvantagens do uso de leguminosas arbóreas como ferramenta silvicultural¹.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Produção com suprimento regular de N durante a maior parte do ano. • Menor potencial de perda (volatilização e nitrificação) • Menor potencial poluidor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento limitado de algumas espécies fixadoras – biologia e silvicultura. • Incremento na fertilidade solo é lento. • Possibilidade de competição com outras culturas.
<ul style="list-style-type: none"> • Fonte de aumento de matéria orgânica (de qualidade) do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de mecanização.
<ul style="list-style-type: none"> • Acessível a agricultores que possuem dificuldade na aquisição de fertilizantes nitrogenados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo mais complexo
<ul style="list-style-type: none"> • Proteção contra erosão, fixação de CO₂ e aumento do estoque água 	
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento na entrada de outros nutrientes ou sistema (maior exploração pelas raízes profundas). 	

¹ Extraído de Gordon (1983).

CONCLUSÕES

Os indicadores mais recentes apontam mudança do paradigma para a pesquisa agropecuária. Em vez de aumento de produção para atender uma população que não vai crescer tanto quanto se esperava, o cenário futuro aponta para exigências no sentido de melhoria da qualidade do alimento e proteção do meio ambiente. Neste contexto a FBN assume papel importante tanto para a recuperação de áreas degradadas como para a sustentabilidade dos sistemas. Entretanto, além da FBN na soja, o maior exemplo de contribuição da microbiologia do solo para a produção de alimentos, outros sistemas precisam ser beneficiados pelo uso da FBN. Cabe à pesquisa decidir quando, como e quanto vai intensificar estudos que aumentem a sua inserção em outros sistemas produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2000: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 546p., 1999.
- BALDANI, J.I., AZEVEDO, M.S. de, REIS, V.M., TEIXEIRA, K.R. dos S., OLIVARES, F.L., GOI, S.R., BALDANI, V.L.D, DOBEREINER, J. Fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: avanços e aplicações. In: *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. SIQUEIRA, J.O. et al. (editores). Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, p.621-666, 1999.
- BALIEIRO, F.C. Nutrientes na água de chuva e na biomassa em monocultivo e consórcio de *Acacia mangium* Willd., *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden. Viçosa: UFV, 99p., 1999. (Tese de Mestrado)
- BODDEY, R.M.; VICTORIA, R.L. Estimation of biological nitrogen fixation associated with *Brachiaria* and *Paspalum* grasses using ^{15}N -labeled organic matter and fertilizer. **Plant and Soil**, 90:265-292, 1986.
- BODDEY, R.M.; DOBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grass and cereals: recent results and perspectives for future research. **Plant and Soil**, 108:53-65, 1988.

- BODDEY, R.M.; OLIVEIRA, O.C.; URQUIAGA, V.M.; REIS, F.L.; OLIVARES, F.L. de, BALDANI, V.L.D.; DOBEREINER, J. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: contribution and prospects for improvement. **Plant and soil**, 174:195-209, 1995.
- BRINKLEY, D.; DUNKIN, K.A.; DEBELL, D.S.; RYAN, M.G. Production and nutrient cycling in mixed plantation of *Eucalyptus* and *Albizia* in Hawaii. **Forest Science**, 38(2):393-408, 1992.
- CAMPELLO, E.F.C. A influência de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na sucessão vegetal em áreas degradadas na Amazônia. Viçosa: UFV, 121p., 1999. (Tese de Doutorado)
- CARVALHO, M.M. Utilização de sistemas silvipastoris. p.164-207 In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, J. R. de A. & RODRIGUES, T. de J. D. Simpósio sobre ecossistemas de pastagens, 3., Jaboticabal. anais...Jaboticabal:FACV/UNESP. 341p. 1997
- CARVALHO, M.M.; SILVA, J.L.; CAMPOS, JR. B.A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico-vermelho. **Rev. Brasil. de Zootec.** Viçosa, 26(2)213-2318. 1997.
- DEBELL, D.S.; COLE, T.C.G.; WHITESELL, C.D. Growth, development and yield in pure and mixed status of *Eucalyptus* and *Albizia*. **Forest Science**, 43(2): 286-298, 1997.
- DIAS, L.E.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes em solo degradado pela extração de bauxita e cultivado com *Acacia mangium* e *Eucalyptus pellita*. In: Simpósio Sul-Americano e Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 2. Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu, s.ed. p.145-153, 1994.
- DUQUE, F.F.; PESSANHA, G.G. Comportamento de dez cultivares de mungo verde nos períodos das águas e das secas em condições de campo. **Pesq. agropec. bras.** 25(7):963-969, 1990.

- ESPINDOLA, J.A.A.; PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de, TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S.C.; BUSQUET, R.N.B. Influência da cobertura viva de solo com leguminosas herbáceas na produção de frutos da bananeira, cultivar Nanicão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, XVI, *Anais...* Fortaleza, CE, 2000. (CD).
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS Current world fertilizer situation and outlook 1996/97 – 2002/2003, Roma, FAO, 32p. 1998.
- FRANCO, A.A.; PEREIRA, J.C.; NEYRA, C.A. Seasonal patterns of nitrate reductase and nitrogenase activities in *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 63, 421-424. 1979
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, E.M.R. da; FARIA, S.M. *Revegetação de Solos Degradados*. Comunicado Técnico, n.9, 9p. EMBRAPA-CNPAB, Rio de Janeiro, 1992.
- FRANCO, A.A.; DOBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. *Summa Phitopatologica*, 20(1):68-74, 1994.
- FRANCO, A.A.; FARIA, S.M. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biol. Biochem.* 29(5/6): 897-903, 1997.
- FRANCO, A.A.; BALIEIRO, F.C. Fixação biológica de nitrogênio: alternativa aos fertilizantes nitrogenados. In: *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. SIQUEIRA, J.O. et al. (editores). Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, p.557-596, 1999.
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. Importância da fixação biológica de nitrogênio na recuperação e sustentabilidade de pastagens nas áreas montanhosas da Mata Atlântica. An. Workshop: Atividades Silvopastoris em Sistemas Sustentáveis de Produção de Leite. Embrapa Gado de Leite. 6 a 7/06.2000.
- FRANCO, A.A.; BALIEIRO, F.C. The role of biological nitrogen fixation in land reclamation, agroecology and sustainability of tropical agriculture. In: *Transition to Global sustainability: the contribution of brazilian science*. ROCHA-MIRANDA, C.E. (editor). Academia Brasileira de Ciência, p.209-233, 2000.

- GILLER, K.E.; WILSON, K.J. *Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems*. C.A.B. International, Wiltshire, 313p. 1991.
- GORDON, J.C. Silvicultural systems and the biological nitrogen fixation. In: *Biological nitrogen fixation in forest ecosystems: foundations and applications*. Kluwer Academic Publishers Group, The Netherlands, 1-6p., 1983.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro, p. 54-55, 1992.
- KASS, D.C.L.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; NYGREN, P. The role of nitrogen fixation and nutrient supply in some agroforestry systems of the americas. *Soil Biol. Biochem.* 29(5/6): 775-785, 1997.
- MERCANTE, F.M. Uso de *Leucaena leucocephala* na obtenção de *Rhizobium* tolerante a temperatura elevada para a inoculação do feijoeiro. Itaguaí: Tese de Mestrado, Dep. De Solos, UFRRJ, 149p., 1993.
- MARTINAZZO, A.F. Potencial de fixação em N₂ em *Vigna unguiculata* Walp. Em diferentes condições ambientais. Tese MSc, UFRRJ, 154p., 1989.
- MIRANDA, C.H.B.; BODDEY, R.M. Estimation of biological nitrogen fixation associated with 11 ecotypes of *Panicum maximum* grown in nitrogen-15-labeled soil. *Agron. J.*, 79: 558-563, 1987.
- SANTOS, C.J.F.; CUNHA, C. de O.; CAMPO NETO, D.; FONTES, A.M.; FRANCO, A.A. Uso de leguminosas arbóreas no reflorestamento de encosta de risco geotécnico sobre comunidade de baixa renda. Simpósio Sul-Americano, I e Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, II **Anais...** Foz do Iguaçu. p. 261-269. 1994.
- SILVA, A.C. Exportando empregos. *Agroanalysis*, 18(7): 13-16, 1998.
- STRALIOTTO, R., CUNHA, C. de O., MERCANTE, F. M., FRANCO, A.A.; RUMJANEK, N. 1999. Diversity of rhizobia nodulating common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) isolated from Brazilian tropical soils. *Anais Acad. Bras. de Ciência*. (Em preparação) 71(3-II)531-543.

- TEIXEIRA, M.L.F.; COUTINHO, H.C.L.; FRANCO, A.A. Effects of *Cerotoma arcuata* (Coleoptera: Chrysomelidae) on predation of nodules and on N₂ fixation of *Phaseolus vulgaris*. **Journal of Economic Entomology** 89(1)166-169. 1996.
- VLASSAK, K.; MERCANTE, F.; STRALIOTTO, R.; FRANCO, A.A.; VUYLSTEKE, M.; VANDERLEYDEN, J. Evaluation of the intrinsic competitiveness and saprophytic competence of *Rhizobium tropici* IIB strains. **Biol. Fert. Soils**. 24:274-282. 1997
- UGARTE, J.; CALDERON, J.; VELASCO, M. Efecto de la inoculación de *Rhizobium* en el garbanzo (*Cicer arietinum*) para su evaluación en grano y forraje. p.123-124 In: Reunion Latinoamericana de Rhirobiologia, XVIII. **Anais...** Santa Cruz de la Sierra. Bolívia. 1966. p.123-124.
- URQUIAGA, S., CRUZ, K.H.S.; BODDEY, R.M. Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: ¹⁵N and nitrogen balance estimates. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 56: 105-115, 1992.
- VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; MENDES, I. de C.; PERES, J.R.R. Fixação biológica de nitrogênio em solos de cerrados. Brasília, Embrapa CPAC: EMBRAPA-SPI, 83p., 1994.
- WEBER, O.B.; TEIXEIRA, K.R.S.; KIRCHHOF, G.; BALDANI, J.I.; DOBEREINER, J. Occurrence of endophytic diazotrophic bacteria in pineapple (*Ananas* sp.) and banana (*Musa* sp.). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM – SUSTAINABILITY AGRICULTURE FOR THE TROPICS: THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brazil, Embrapa-CNPAB, UFRRJ, Acad. Bras. Ci. **Proceedings...**, p.238-239, 1995.
- YAMADA, T.; LOPES, A.S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. In: *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. SIQUEIRA, J.O. et al. (editores). Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, p.143-169, 1999.

A INTEGRAÇÃO LAVOURA E PECUÁRIA COMO ALTERNATIVA DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS

Manuel Claudio Motta Macedo

*Ph.D., Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Bolsista do CNPq.
Embrapa Gado de Corte, Caixa Postal 154, 79002-970, Campo Grande,
MS, e-mail: macedo@cnpqc.embrapa.br*

INTRODUÇÃO

A produção de gado de corte e de leite no Brasil é realizada principalmente com o uso de pastagens cultivadas. As forrageiras cultivadas mais importantes atualmente em uso foram introduzidas da África e pertencem, em sua maioria, aos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon* (Macedo, 1997).

Os solos ocupados por pastagens em geral são marginais quando comparados aqueles usados pela agricultura de grãos. Estes solos apresentam problemas de fertilidade natural, acidez, topografia, pedregosidade ou limitações de drenagem. Os solos de melhor aptidão agrícola são ocupados pelas lavouras anuais de grãos ou as de grande valor industrial para a produção de óleo, fibras, resinas, açúcar, etc.

Dessa forma é de se esperar que as áreas de exploração para os bovinos apresentem problemas de produtividade e de sustentabilidade de produção.

No Brasil, antes da introdução das pastagens cultivadas na região dos Cerrados a lotação animal era de 0,3-0,4 animais/ha e os bovinos só atingiam a idade de abate após os 48-50 meses. No início da década de 70 teve início a introdução de espécies do gênero *Brachiaria*, notadamente a espécie *Brachiaria decumbens*. Esta espécie adaptou-se muito bem ao grande ecossistema Cerrados, de solos ácidos e de baixa fertilidade natural. A lotação inicial proporcionada passou a ser de 0,9-1,0 animal/ha e o ganho de peso animal também aumentou em média, de 2-3 vezes ao da pastagem nativa.

Esta produtividade resultou em um grande impulso na exploração da pecuária de corte no Brasil e ampliou consideravelmente a fronteira agrícola. Estima-se que a área plantada com pastagens cultivadas nos Cerrados está ao redor de 50 milhões de ha. Deste total, provavelmente mais de 50% estão sendo cultivados com a *Brachiaria decumbens*. Outras espécies de grande importância são: *Brachiaria brizantha*, *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum* (Zimmer et al, 1993).

A imensa área explorada de *B. decumbens* representa quase uma monocultura comparada às demais espécies. Se por um lado a introdução dessas espécies do continente africano proporcionou grande aumento na produtividade, também trouxe outro sério problema decorrente do mal manejo das pastagens: a degradação e queda da sustentabilidade da produção animal.

A DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS

CONCEITOS

A degradação das pastagens pode ser explicada como um processo dinâmico de degeneração ou de queda relativa da produtividade e, portanto, é interpretada de diferentes formas por produtores e técnicos.

Neste trabalho, ***Degradação de pastagens*** é o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural das pastagens para *sustentar* os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, assim como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais, em razão de manejos inadequados" (Macedo, 1995).

Esta versão simples e didática de degradação está baseada num processo contínuo de alterações da pastagem que tem início com a queda do vigor e da produtividade da pastagem. Poder-se-ia comparar este processo a uma escada, onde no topo estariam as maiores produtividades e, à medida que se descem os degraus com a utilização da pastagem, avança-se no processo de degradação. Até um determinado ponto, ou um certo degrau, haveria condições de se conter a queda de produção e manter a produtividade através de ações mais simples, diretas e com menores custos operacionais. A partir desse ponto, passar-se-ia para o processo propriamente de degradação, onde

só ações de recuperação ou de renovação, muitas vezes mais drásticas e dispendiosas, apresentariam respostas adequadas.

O final do processo culminaria com a ruptura dos recursos naturais, representado pela degradação do solo com alterações em sua estrutura, evidenciadas pela compactação e a conseqüente diminuição das taxas de infiltração e capacidade de retenção de água, causando erosão e assoreamento de nascentes, lagos e rios. A Fig. 1 abaixo ilustra essa visão.

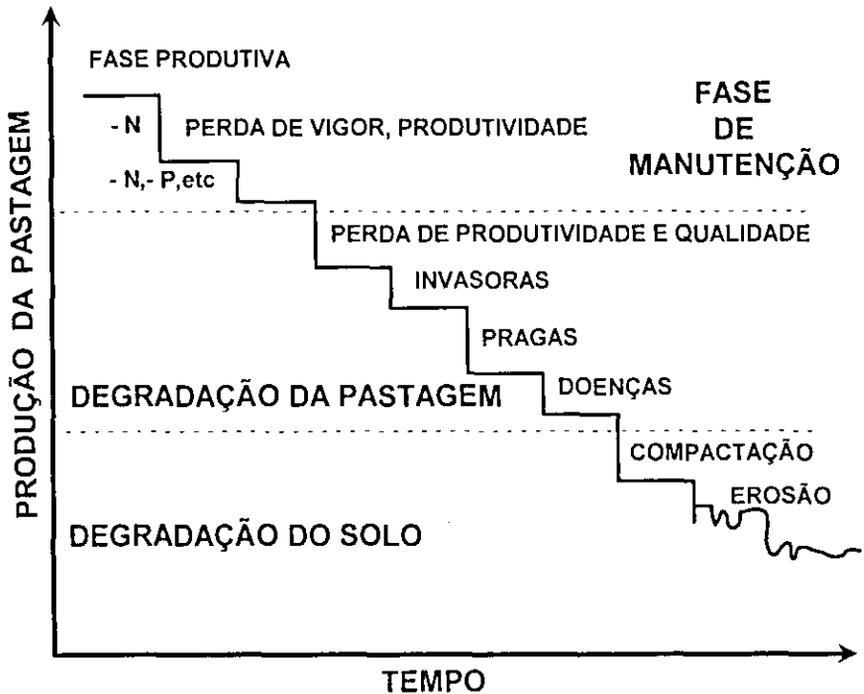


FIG. 1. Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo. (Macedo, 1999).

Considerando-se a degradação das pastagens conforme as seguintes etapas:

Implantação e estabelecimento das pastagens***Utilização das pastagens******ação climática e biótica
práticas culturais e manejo animal******Queda do vigor e da produtividade → efeito na capacidade de suporte******Queda na qualidade nutricional → efeito no ganho de peso animal******Degradação dos recursos naturais***

pode-se concluir que o acompanhamento criterioso da capacidade de suporte, em princípio, permite antecipar etapas mais graves do processo de degradação.

CAUSAS DA DEGRADAÇÃO

As causas mais importantes da degradação das pastagens podem ser consideradas como as seguintes:

- a) germoplasma inadequado ao local;
- b) má formação inicial - causada pela ausência ou mau uso de alguns dos itens:
 - práticas de conservação do solo;
 - preparo do solo;

- correção da acidez e/ou adubação;
 - sistemas e métodos de plantio;
 - manejo animal na fase de formação;
- c) manejo e práticas culturais:
- uso de fogo como rotina;
 - métodos, épocas e excesso de roçagens;
 - ausência ou uso inadequado de adubação de manutenção;
- d) ocorrência de pragas, doenças e plantas invasoras;
- e) manejo animal :
- excesso de lotação;
 - sistemas inapropriados de pastejo;
- f) ausência ou aplicação incorreta de práticas de conservação do solo após uso relativo ou uso prolongado de pastejo.

MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO E RENOVAÇÃO

RECUPERAÇÃO E RENOVAÇÃO DIRETA

Entende-se por *recuperação direta* de pastagens as práticas mecânicas e químicas aplicadas a uma pastagem com o intuito de revigorá-la *sem substituir a espécie forrageira* existente. Entre as operações mecânicas incluem-se a aplicação superficial a lanço de insumos, escarificação, subsolagem, gradagem, aração, etc. Nas opções químicas estão a calagem, a gessagem e a adubação. A escolha da operação depende, principalmente, do estágio de degradação da pastagem. Quanto mais avançado o grau de degradação mais drástica deverá ser a ação mecânica.

Renovação direta de pastagens seriam as ações relativas às práticas agrônômicas aplicadas sobre pastagens degradadas no sentido *de substituir a espécie presente* e reverter o processo de degradação, através da implantação de uma nova espécie forrageira. A renovação direta de pastagens é caracterizada principalmente pela tentativa de substituição de forrageiras sem a utilização de uma cultura intermediária.

Esta alternativa apresenta, de uma forma geral, problemas de ordem prática e econômica, pois as espécies forrageiras tropicais,

mesmo quando a pastagem está em degradação, possuem um elevado banco de sementes no solo e taxas altas de crescimento relativo. Portanto, nem sempre as ações mecânicas de preparo do solo ou de dessecação das plantas por herbicidas são eficientes para permitir a implantação de uma nova espécie, evitando a competição com plantas remanescentes da espécie anterior.

RECUPERAÇÃO E RENOVAÇÃO INDIRETA

A *recuperação indireta* de pastagens degradadas pode ser compreendida como aquela efetuada *por meio de* práticas mecânicas, químicas e culturais, *utilizando-se de uma pastagem anual* (milheto, aveia) *ou de uma lavoura anual de grãos* (milho, soja, arroz) por um certo período de tempo, a fim de revigorar *a espécie* forrageira *existente*. O objetivo principal desta técnica é o de aproveitar a adubação residual empregada no pasto anual ou lavoura para recuperar a espécie de pastagem existente com menores custos. A produção de carne ou de leite obtida com o pasto anual, de forma intensiva, ou da venda dos grãos da lavoura amortizam em parte os custos de recuperação/renovação da pastagem.

A *renovação indireta* de pastagens, por sua vez, pode ser entendida como aquela efetuada *por meio de* práticas mecânicas, químicas e culturais, *utilizando-se de uma pastagem anual* (milheto, aveia) *ou de uma lavoura anual de grãos* (milho, soja, arroz) por um certo período de tempo, *a fim de substituir a espécie* forrageira *existente* por outra de melhor valor nutritivo ou com diferentes características que as da espécie em degradação.

INTEGRAÇÃO LAVOURA E PECUÁRIA

Recentemente tem crescido, nos Cerrados do Brasil, uma alternativa bastante eficiente de recuperação/renovação indireta de pastagens e de manutenção da produtividade de pastagens que é o sistema de *integração lavoura e pecuária*.

Este sistema permite um uso mais racional de insumos, máquinas e mão-de-obra na propriedade agrícola, além de diversificar a produção e o fluxo de caixa dos produtores. Evidentemente que alguns requisitos são necessários para implementar o sistema, tais como máquinas e

implementos agrícolas, infra-estrutura de estradas e armazéns, mão-de-obra qualificada e domínio da tecnologia de lavouras anuais e pecuária.

A integração lavoura-pecuária permite um sistema de exploração em esquema de rotação, onde se alternam anos ou períodos de pecuária com a produção de grãos ou fibras, etc.

A *Embrapa Gado de Corte* vem desenvolvendo desde 1993/94 um experimento de longa duração, onde estão sendo estudados sistemas de rotação lavoura-pecuária, comparados a sistemas contínuos de pecuária e lavoura. O objetivo é comparar a eficiência agrônômica e econômica e avaliar a sustentabilidade da produção dos diferentes sistemas. Tem-se também como objetivo determinar alguns indicadores da sustentabilidade.

É importante ressaltar que esse projeto foi implantado em uma área de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*, as quais foram recuperadas ou renovadas por meio de diferentes tratamentos: adubação, calagem e tratos mecânicos; renovação com troca de espécies: *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*, com plantio de soja ou milho, etc. Uma área de vegetação natural e uma área de pastagem degradada estão sendo mantidas como testemunhas para comparações.

A hipótese deste projeto, implantado em 1993/94, e com previsão de término em 2008, é a de que sistemas de produção integrados e em rotação de lavoura e pecuária podem melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, diminuir as ocorrências de pragas, doenças e invasoras e promover a sustentabilidade da produção agropecuária. Tem-se como objetivo testar as possíveis vantagens biológicas e econômicas de sistemas integrados lavoura-pastagem e em rotação, com sistemas de produção de lavouras e pastagens de cultivo contínuo (convencionais).

Os tratamentos principais são constituídos por cinco sistemas de produção:

- S1** - Pastagem contínua;
- S2** - Lavoura contínua;
- S3** - Pastagem quatro anos - Lavoura quatro anos;
- S4** - Lavoura quatro anos - Pastagem quatro anos;
- S5** - Lavoura um ano- Pastagem três anos (estabelecida no 2ºano sem ou com lavoura de milho).

Estes sistemas são subdivididos em sub-sistemas, que compreendem métodos de preparo de solo e sistemas de plantio: convencional e direto, cultivo de verão e de verão + inverno ; adubação de manutenção de pastagens e cultivo consorciado ou não com leguminosas forrageiras, num total de doze tratamentos. Estes

tratamentos foram estabelecidos sobre uma área de pastagem degradada como estratégia para também fornecer alternativas para a resolução desse grave problema. Reservou-se uma área com a antiga pastagem em processo de degradação, assim como uma área de vegetação natural para se ter uma estimativa dos impactos ambientais do manejo cultural das lavouras e pastagens.

A produção média de grãos de soja após sete colheitas (93/94 a 99/2000) foi de 2.380 kg/ha (~40 sacas/ha). As produções variaram de 1.525 kg/ha, em 99/2000, a 2.903 kg/ha, em 94/95. Durante a safra 99/2000 observou-se a menor precipitação dos últimos 24 anos em Campo Grande, MS.

Não foram observadas diferenças significativas de produção de soja em plantio direto ou convencional no sistema contínuo (**S1**) nesse período. Ao final de quatro anos de pastagens e início do ciclo de soja foram observadas diferenças na produção de soja entre o plantio direto sobre *Brachiaria decumbens* (**S3**) e *Brachiaria brizantha* (**S5**) devido à diferença entre o manejo da fertilidade entre sistemas, com 2.285 e 2.902 kg/ha, respectivamente. Enquanto o **S3** recebeu adubação para a pastagem apenas em 93/94, o **S5** recebeu adubação para soja em 93/94 e para pastagem + milho em 94/95. Este aspecto também proporcionou maior tolerância da soja ao veranico, quando em plantio direto. Menor fertilidade associada ao déficit hídrico permitiu maior retorno de plantas de braquiária e conseqüente maior competição por água e nutrientes, além de gasto adicional com herbicidas.

A produção de grãos de milho no sistema **S5** (2.902 a 3.689 kg/ha), quando plantado simultaneamente com a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, foi reduzida substancialmente quando comparada a plantios solteiros, mas foi suficiente para cobrir os gastos de adubação e implantação da pastagem. Respeitadas algumas práticas culturais no ato do plantio, este sistema é bastante promissor para reduzir custos nos sistemas integrados de lavoura-pecuária.

Os resultados de produção animal demonstraram que pastagens de *Brachiaria decumbens* recuperadas em 93/94 (**S1**) podem produzir cerca de quatro a cinco vezes mais que pastagens em degradação (**PD**). O efeito residual da adubação (93/94) foi suficiente para não diferenciar os tratamentos com e sem adubação de manutenção por três ciclos pecuários quanto à produção animal. A partir do 4º ciclo, no entanto, (1997/98), as produções das pastagens com adubação de manutenção e com adubação de manutenção e leguminosa, **PCCA** e **PCAL**, respectivamente, passaram a ser superiores, com diferenças

significativas sobre a pastagem sem adubação de manutenção (PCSA). Ressalta-se que o tratamento com leguminosas - PCAL- (estilosantes e calopogônio) têm apresentado uma produção sistemática superior da ordem de 1 @ de carne/ha/ano. A produção animal em pastagens dos sistemas de lavoura-pastagem S4 e S5 apresentaram produções da ordem de 689 a 789 e de 591 a 842 kg peso vivo/ha, respectivamente. Com exceção do S4, onde as pastagens de *Panicum maximum* Tanzânia recebem adubação de manutenção de N (50 kg/ha/ano), as pastagens de *B. brizantha* (S5) não recebem qualquer manutenção, sendo conduzidas apenas com a adubação residual da soja no primeiro ano do ciclo. Já observa-se em ambos os sistemas uma diminuição na lotação animal em função da queda na fertilidade do solo, principalmente do fósforo.

A fertilidade do solo aumentou significativamente nas áreas de lavouras contínuas anuais (S2), tendo o fósforo disponível em Mehlich-1 elevado de 2 a 4 mg/dm³ para cerca de 10-22 mg/dm³. Nas pastagens contínuas (S1) com adubação de manutenção (PCCA) esses teores têm-se mantido entre 3-4 mg/dm³ na camada de arável, enquanto o tratamento PCSA, sem manutenção, diminuiu para cerca de 2 mg P/dm³. Esta tendência explica a queda na produção animal. A saturação por bases seguiu a mesma tendência.

Resultados de análises de algumas propriedades físicas do solo: estabilidade de agregados, resistência à penetração e taxa de infiltração de água mostraram o grande papel das gramíneas forrageiras no melhoramento dessas propriedades. Pode-se observar que mesmo com apenas um ano de implantação da pastagem (1999), após quatro anos de lavouras, a estabilidade de agregados do solo, por exemplo, foi substancialmente incrementada pela ação do sistema radicular das gramíneas.

Avaliação de contagem de invasoras nas parcelas plantadas com soja e milho mostrou população menor de invasoras anuais, quando comparadas com as parcelas de apenas plantio de soja no verão e área descoberta no outono- inverno.

Resultados preliminares obtidos até o momento demonstram que a integração lavoura e pecuária pode ser uma alternativa viável para a minimização dos riscos do negócio agrícola e melhoria de algumas propriedades do solo. O sistema S5, que proporciona um fluxo de caixa com entrada de ativos da venda de soja, milho e carne, parece ser bem atrativo, conforme avaliação econômica preliminar (Costa, F. et al., 2001- no prelo). Com a complementação de dois ciclos de rotação em

2001, será possível ter-se uma estimativa mais precisa do potencial desses sistemas.

Uma das hipóteses do trabalho está sendo provada: a da melhoria da fertilidade pelas lavouras e das propriedades físicas pelas pastagens, com vantagens para os sistemas integrados de lavoura-pastagem, sendo este último uma alternativa potencial muito importante para a recuperação de pastagens degradadas.

LITERATURA CITADA E CONSULTADA

- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, J.G.; NETTO, J.M. 1986. Caracterização da região dos Cerrados. In: Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégia de Manejo .EMBRAPA-CPAC. Liv. Nobel, São Paulo, p.33-74.
- AFFIN, O.A.D. 1994. Planejamento e execução de projetos e subprojetos de P&D em sistemas sustentáveis de produção usando enfoque sistêmico ou holístico e o paradigma de agroecossistemas para uma agricultura sustentável. Apostila. EMBRAPA-CPAC. Planaltina, DF. 179p.
- ANDRADE, R.P. 1994. Tecnologia de produção de sementes de espécies do gênero *Brachiaria*. In: Anais do 11º Simpósio sobre manejo da pastagem. FEALQ, Piracicaba, SP, p.49-71.
- ARRUDA, Z. J. 1994. A bovinocultura de corte no Brasil e perspectivas para o setor. Campo Grande, MS. EMBRAPA-CNPGC, 28p. Documentos, 60.
- ASSAD, E.D. 1994. Chuvas nos Cerrados: Análise e Espacialização. EMPRAPA-CPAC/ EMBRAPA-SPI, 423p., Planaltina, DF.
- BARCELLOS, A.O., VILELA, L. 1994. Leguminosas forrageiras tropicais: estado de arte e perspectivas finais. In: Simpósio Internacional de Forragicultura. Anais da XXXI Reunião da SBZ. Maringá, PR, p.1-56.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 1991. Conservação do Solo - Ed. Ceres, São Paulo, SP.367p.

- CASTRO, L.H.R.; MOREIRA, A.M., ASSAD, E.S., 1994. Definição e regionalização dos padrões pluviométricos dos Cerrados Brasileiros. In: Chuvas nos Cerrados:Análise e Espacialização. EMBRAPA-CPAC / EMBRAPA - SPI, Planaltina, DF. p.13-23 .
- CADISH, G.; CARVALHO, E.F.; SUHET, A.R.; VILELA, L.; SOARES, W.; SPAIN, J.M.; URQUIAGA, S.; GILLER, K.E.; BODDEY, R.M. 1993. Importance of legume nitrogen fixation in sustainability of pastures in the Cerrados of Brazil. In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress; Rockhampton, Austrália. p.1915-1916 .
- CERRI, C.C. 1989. Dinâmica da matéria orgânica em solos de pastagens. In: Simpósio sobre ecossistema de pastagens. Jaboticabal, SP, FUNEP, UNESP. p.135-147.
- CORRÊA, A.S. 1995. Pecuária de Corte na Região de Cerrados do Brasil Central. Documento Interno . EMBRAPA-CNPGC. 10 p.
- EUCLIDES, V.P.B.; ZIMMER, A.H.; VIEIRA, J.M. 1989. Equilíbrio na utilização da forragem sob pastejo. In: Anais do Simpósio sobre ecossistema de pastagens. Jaboticabal, SP, FUNEP, UNESP, p.271-313.
- EUCLIDES, V.P.B.; VIEIRA, A.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. 1993. Evaluation of Panicum maximum cultivars under grazing. In: International Grassland Congress, 17., 1993. Rochhampton, Australia, p.9.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. 1994. Recuperação de pastagens pela calagem e adubação. In: Anais da XXXI Reunião Anual da SBZ, Julho de 1994, Maringá, PR, p.381 .
- EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES, K.; ARRUDA, Z.J.; FIGUEIREDO, G.R. 1994. Suplementação a pasto: uma alternativa para a produção de novilho precoce. EMBRAPA-CNPGC. Carta-Resposta nº 2. Mimeo. 2p.
- EUCLIDES, V.P.B. 1994. Algumas considerações sôbre manejo de pastagens. EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 57. 31p.

- FUNDAÇÃO IBGE. Censo Agropecuário do Brasil, 1985. Rio de Janeiro.
- KEMPER, B.; DERPSCH, R. 1981. Soil compaction and root growth in Parana. In: The soil-root system in relation to brazilian agriculture. p.81-101.
- KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A.R.; TEIXEIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.T. 1991. Renovação de pastagens de Cerrado com Arroz. 1- Sistema Barreirão. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 20p. Documentos, 33.
- LEITE, G.G.; EUCLIDES, V.P.B. 1994. Utilização de pastagens de *Brachiaria* spp. In: Anais do 11º Simpósio sobre manejo de pastagem. FEALQ, Piracicaba, SP, p.267-297.
- LOURENÇO, A.J.; SARTINI, H.J.; SANTAMARIA, M. 1979. Efeito do pastejo na composição de pastagem de capim-elefante Napier consorciado com leguminosas. B. Indústri. Anim., Nova Odessa, SP, 36:157-169.
- MACEDO M.C.M.; ZIMMER, A.H. 1990 .Implantação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em plantio simultâneo com milho em sucessão à soja em Mato Grosso do Sul; In: Reunião Anual da SBZ, 27. Campinas, p.290.
- MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. 1993. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: 2º Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens. FUNEP, UNESP, Jaboticabal, SP, p. 216-245 .
- MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B.; OLIVEIRA, M.P. 1993 Seasonal changes in the chemical composition of cultivated tropical grasses in the Savannas of Brazil. In: International Grassland Congress, 17., Rockhampton, Australia, p.9-10 .
- MACEDO M.C.M. 1995. Pastagens no Ecossistema Cerrados: Pesquisas para o Desenvolvimento Sustentável. In: ANAIS DO SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: Pesquisas para o Desenvolvimento Sustentável, Brasília. XXXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Julho de 1995. p.28-62.

- MACEDO, M.C.M. 1997. Sustainability of Pasture Production in the Savannas of Tropical America. In: Proceedings of the XVIII International Grassland Congress. Session 21 - Temperate and Tropical Native Grasslands, Winnipeg, Manitoba, Canada. Vol. 4 : p.7-16.
- MARASCHIN, G.E. 1994. Avaliação de forrageiras e rendimento de pastagens, com o animal em pastejo. In: Simpósio Internacional de Forragicultura. Anais da XXXI Reunião da SBZ. Maringá, PR, p.65-98 .
- MORON, A.; KIEHL, J.C. 1992. Dinâmica del fósforo en tres sistemas agrícolas em el sudeste de Uruguay. Rev. IMA. INV., n.1, Tomo 1, p.61-84.
- PEDRO JUNIOR, M.; ALCANTARA, P.B.; ROCHA, G.L.; ALFONSI, R.R.; DONZELI, P.L. 1990. Aptidão climática para plantas forrageiras no Estado de São Paulo. IAC, Campinas, SP. 13p. Boletim Técnico, 139.
- RAIJ, B. VAN. 1969. A capacidade de troca de cations das frações orgânica e mineral em solos. *Bragantia*, Campinas, 28:85-112 .
- SANZONOWICZ, C. 1986. Recomendação e prática de adubação e calagem na região Centro-Oeste do Brasil. In: Anais de Calagem e Adubação de Pastagens, Nova Odessa, Potassa, Piracicaba, SP.
- SANZONOWICZ, C.; GOEDERT, W.J. 1986. Uso de fosfatos naturais em pastagens. EMBRAPA-CPAC Planaltina, D.F. 33p. Circular Técnica, 21.
- SEIFFERT, N.F.; ZIMMER, A.H.; BEHLING - MIRANDA, C.H.; SCHUNKE R.M. 1983. Reciclagem de nitrogênio em pastagem consorciada de *Calopogonium mucunoides* com *B. Decumbens*. EMBRAPA-CNPGC. Campo Grande, MS, 40p. Boletim de Pesquisa, 3.
- STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; FOREST, F. 1988. Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil. EMBRAPA-CNPGC, Goiânia, v. 1, Documentos, 23.

- STEINMETZ, S. 1983. Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno. In: Anais do 3º Congresso Brasileiro de Agroentomologia, IAC Campinas, SP, p.273-281.
- SOUZA, F.H.D. de; VIEIRA, J.M. 1991. Corte e pastejo como práticas de manejo para áreas de produção de sementes de *B. brizantha* cv. 'Marandu'. Informativo Abrates, 1(4):96.
- SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK. D.V.S. 1994. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do oeste baiano. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 18:541-547.
- SPERA, S.T.; TÔSTO, S.G.; MACEDO, M.C.M. 1993. Práticas de conservação de solos sob pastagens para Mato Grosso do Sul: Revisão Bibliográfica. Campo Grande, MS, EMBRAPA-CNPGC, 96p. Documentos, 54.
- THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. 1993. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. Soil Biol. Biochem., Vol 25, 10: 1351-1361 .
- PAULINO, V.T.; ALCANTARA, P.B. 1993. Anais do evento sobre recuperação de pastagens. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP. 199p.
- VALLE, C.B.; MILES, J.N. 1994. Melhoramento de gramíneas do genero *Brachiaria*. In: Anais do 11º Simpósio Sobre Manejo da Pastagem. FEALQ. Piracicaba, SP. p.1-23.
- WOLF, J.M. Soil-water relations in Oxisols of Puerto Rico and Brazil. In: Bornemisza, E.; Alvarado, A. (ED). Soil Management in Tropical America. Raleigh, NCSU. 1975. p.145-154.
- ZIMMER, A.H.; D.M. PIMENTEL; VALLE, C.B.; SEIFFERT. N. F. 1986. Aspectos práticos ligados à formação depastagens. EMBRAPA-CNPGC, Campo Grande, MS, 42p., Circular Técnica, 12.

ZIMMER, A.H.; MACEDÓ, M.C.M.; BARCELLOS, A.O.; KICHEL, A.N. 1994. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Brachiaria*. In: Anais do 11º Simpósio Sobre Manejo da Pastagem. FEALQ. Piracicaba, SP, p.153-208.

ZIMMER, A.H. ; CORREA, E.S. 1993. A Pecuária Nacional, uma pecuária de pasto? In: Anais do Encontro Sobre Recuperação de Pastagens, Nova Odessa, SP. p.1-25.

INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA EM MATO GROSSO DO SUL - A EXPERIÊNCIA DA FUNDAÇÃO MS

Dirceu Luiz Broch

*Eng. Agr., M.Sc., Pesquisador da Fundação MS,
Caixa Postal 105, 79150-000 Maracaju, MS.*

O sistema de integração agricultura-pecuária no Centro-Oeste iniciou no município de Maracaju (MS) nas propriedades dos produtores Ake B. van der Vinne e Krijn Wielemarker, no ano de 1989. Oriundos do Sul do país, ficaram fãs do Sistema Plantio Direto na palha, que estava iniciando por lá. Queriam de toda a forma introduzir o sistema em suas propriedades, mas o grande desafio era obter palhada. Porém, tinham em suas propriedades parte da área com atividade pecuária, a onde as pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* foram formadas após a correção da acidez e fertilidade do solo e cultivo de soja e milho. Ao perceberem a cobertura de solo formada pelas plantas forrageiras, fizeram a indagação: "Porque não utilizar a palhada das pastagem para fazer o plantio direto?". No início as dificuldades foram muito grandes, pois não havia informações sobre: herbicidas adequados para a dessecação, dose/ha a se utilizar; herbicidas e dose para controlar a rebrota e plantas provenientes da sementeira; e nem semeadoras adaptadas para o sistema com chassi reforçado, disco de corte e facão (sulcador) que possibilitava o corte da palhada e a descompactação do sulco de plantio. Mas na base de muito improvisado e criatividade fizeram o primeiro plantio direto da soja sobre *Brachiaria* ssp.

Através desta tecnologia iniciada pelos produtores de Maracaju e aprimorada e difundida pela Fundação MS, deparou-se com a seguinte frase: "A verdade em ciências é relativa e temporal, nunca absoluta e final". Um exemplo, a maior parte dos pesquisadores condenam o uso de calcário na superfície, dizendo que não funciona. Hoje temos vários trabalhos mostrando que a partir de certa saturação por base, aliado ao uso de gesso agrícola, a aplicação de calcário na superfície funciona de maneira semelhante a sua incorporação, porém com menor custo e evitando prejuízos à estrutura do solo. Contudo é bom que existam pessoas que façam o papel de advogado do diabo, questionando o

sistema, procurando achar possíveis falhas. Isto é bom, pois evita-se de cometer erros graves, uma vez que toda a humanidade é cega e burra.

A maior mudança que ocorre neste sistema em comparação ao plantio direto sobre coberturas tradicionais (aveia, milheto, trigo, milho safrinha), diz respeito à relação C:N e a alelopatia. A palhada destas plantas forrageiras apresenta alta relação C:N, chegando a mais de 120:1. Esta alta relação C:N associada a um déficit hídrico no período que vai da dessecação da pastagem até 25 dias após a emergência da soja, ocasiona um grande déficit de nitrogênio no solo. Isto ocorre porque o nitrogênio fica imobilizado pelos microrganismos e a falta de umidade atrasa o processo de decomposição da matéria orgânica e conseqüentemente a liberação de nitrogênio e demais nutrientes ao solo. Por outro lado, não se tem dados de pesquisa que comprovam o efeito da alelopatia (substâncias excretadas principalmente pelas raízes) ocasionado pelas plantas forrageiras sobre o desenvolvimento da soja. Entretanto atribui-se também a alelopatia e não somente a relação C:N, ao fato que em certas ocasiões, principalmente no plantio direto da soja sobre *B. brizantha* (braquiarião) onde ocorre demora na morte da planta forrageira, aliado ainda à baixa precipitação no período que vai entre a dessecação até o estágio V4 (± 25 dae), a soja apresenta um desenvolvimento inicial lento e demora para fechar as entrelinhas. Em situações onde a dessecação foi bem eficiente e ocorre boa precipitação pluviométrica neste período, possivelmente a água da chuva lava e/ou dilui estas substâncias alelopáticas, e o desenvolvimento da soja é normal.

Ao se comparar o desenvolvimento inicial da soja em plantio direto após vários anos de pastagem, com o plantio convencional na mesa situação, verifica-se que este último geralmente proporciona um maior desenvolvimento inicial, principalmente quando não se usa uma correta adubação no sulco de plantio no Sistema Plantio Direto que inclui solubilidade do fósforo e uma dose de nitrogênio para arranque. Isto ocorre porque no sistema convencional há incorporação da matéria orgânica, aumentando a velocidade de decomposição e mineralização desta, liberando nutrientes ao solo (principalmente nitrogênio e fósforo), como também diminui possíveis efeitos alelopáticos. Mas, este maior desenvolvimento inicial da soja não significa maior produtividade.

Para evitar tais problemas recomenda-se: 1) manejar corretamente a pastagem com os animais num período anterior à dessecação para diminuir a quantidade de palha sobre a superfície do solo, pois o excesso de palha neste sistema trás mais problemas que benefícios e 2) dar um

intervalo maior entre a dessecação da pastagem e plantio da soja (dez a 20 dias), possibilitando ou estreitamento da relação C:N e lavagem de possíveis substâncias alelopáticas.

Para melhor entender o sistema de integração é interessante discutir os termos pastagem degradada e solo degradado. Pastagem degradada é aquela que apresenta minimização da capacidade produtiva, causada por um ou mais fatores (processos). Assim, considera-se uma pastagem degradada quando ela produz menos de 40% do que poderia produzir em condições ideais de fertilidade do solo, manejo e precipitação pluviométrica. Considerando que uma pastagem de *B. decumbens* e *B. brizantha*, sob condições ideais citadas anteriormente, proporcionam facilmente um ganho de 210 kg de carne/ha/ano, ela pode ser considerada degradada quando passa a produzir em torno de 40% disso, ou seja, 84 kg de carne/ha/ano. Por outro lado, solo degradado é aquele que apresenta alta acidez, baixa fertilidade e superfície erodida por um ou mais processos de erosão (laminar, sulco ou vossoroca). Portanto é um solo mal cuidado, que não deveria estar de posse do seu proprietário. Não tomando-se certos cuidados, degrada-se rapidamente uma pastagem em cima de um solo fértil, devido ao desequilíbrio nutricional, principalmente deficiência de nitrogênio, e má manejo.

A Fundação MS recomenda o plantio direto da soja sobre pastagens degradadas e não sobre solo degradado, visando recuperá-las através do processo de integração agricultura-pecuária, tornando-as novamente produtivas. Com esta tecnologia, aumentando-se a rentabilidade do agropecuarista, gerando empregos no campo e na cidade, além de aumentar a produção de alimentos (grãos e carne) para o País.

O sucesso do plantio direto da soja sobre a pastagem perene depende fundamentalmente do manejo correto da fertilidade do solo. Pois, é óbvio, que quanto mais fértil for o solo maior será o sucesso no sistema de integração agricultura-pecuária, ou seja, maior será a produção de grãos e carne. No entanto, a realidade do cerrado é outra, pois encontra-se na região em torno de 30 milhões de ha de pastagem degradadas e destas mais de 60% do solo está ácido e com baixa fertilidade, por ser a atividade pecuária feita de forma extrativista. Assim, o gargalo para recuperar pastagens degradadas em plantio direto está na fertilidade do solo. A Fundação MS, pesquisando o sistema há mais de seis anos, procura responder a seguinte questão: Até que níveis de acidez e fertilidade do solo pode-se entrar recuperando pastagem em plantio direto da soja? De acordo com os resultados de vários trabalhos

feitos na referida instituição pode-se responder parte desta questão: é possível recupera-lás em plantio direto com níveis de fertilidade menores do que se imaginava inicialmente, bastando aplicar uma dose correta de calcário e gesso na superfície e uma dose adequada e equilibrada de nutrientes no sulco de plantio. Mas sempre deve-se levar em consideração qual é o objetivo da propriedade, ou seja, ter uma agropecuária de baixa, média ou alta produtividade? Pois a correção da acidez do solo e dos níveis adequados dos nutrientes, são fatores primordiais para atingir o objetivo almejado. Para maior chance de sucesso é bom considerar algumas situações: a) Áreas de média à boa fertilidade que já estão no processo de integração agricultura-pecuária, em termos de fertilidade do solo não há restrição, basta apenas tomar cuidado com os nutrientes mais limitantes, procurando aplicá-los numa dose certa e equilibrada que a produtividade certamente será alta; b) Áreas de baixa à média fertilidade que outrora foram cultivadas com soja, tomando-se os cuidados citados anteriormente a chance de sucesso será alta, uma vez que já foi introduzido *Bradyrhizobium japonicum* no solo e não havendo problemas climáticos consegue-se uma produtividade em torno de 2.700 kg/ha já no primeiro ano de plantio direto sobre a pastagem degradada; c) Áreas de baixa à média fertilidade, virgens a cultura da soja, deve-se triplicar os cuidados, pois o que vai limitar a produtividade da soja no primeiro ano de plantio será a fixação biológica do nitrogênio. Nesta situação, além dos cuidados citados anteriormente deve-se utilizar de quatro a cinco doses de inoculante/50 kg de sementes para tentar garantir uma boa nodulação com estirpes eficientes na fixação biológica do nitrogênio; d) Áreas de baixa fertilidade, onde encontra-se impedimentos químicos e/ou físicos, recomenda-se, no mínimo seis meses antes do plantio da soja, que se faça a adequação do solo através do preparo com grade pesada, eliminado cupins, arbustos, tocos, vossorocas, etc.; aproveita-se também nesta situação para incorporar os corretivos. Após estes procedimentos, a pastagem forma-se novamente pela sementeira que estava no solo ou através do uso de aveia, milheto ou sogro, deixa-se o gado pastear no inverno (junho a setembro), retira-se os animais no mês de setembro e faz-se o plantio direto da soja com segurança no mês de novembro.

A compactação do solo sob pastagem é superficial (até 8,0 cm) e temporária, tomando certos cuidados no plantio, não trás problema para o desenvolvimento da cultura da soja. Pois na linha de plantio, a descompactação é feita pelo disco de corte e sulcador e após

a morte e decomposição do sistema radicular das plantas forrageiras ocorre a formação de vários canais permitindo a infiltração de água, ar e deslocamento de nutrientes em profundidade, descompactando naturalmente o solo. Abaixo dos 8,0 cm superficiais, o solo encontra-se descompactado pela abundância e agressividade do sistema radicular e ausência de pé-de-grade.

No sistema de integração não há uma regra definida para estabelecer o tempo que o agropecuarista ficará com soja ou pastagem na mesma área, pois isto depende da realidade e objetivos de cada produtor, bem como do preço de mercado atual de grãos e da carne. Contudo cabe algumas sugestões: a) em áreas de baixa à média fertilidade, é interessante cultivar soja por um período mínimo de três anos, com o objetivo de elevar os níveis de fertilidade do solo e obter o retorno mais rápido do capital investido, uma vez que a cada seis meses é possível produzir e comercializar grãos; b) permanecer com pastagem por um período de dois a três anos, pois a pastagem se degrada muito rapidamente. Segundo dados obtidos na fazenda Cabeceira, de propriedade do Sr Ake B. van der Vinne, uma pastagem formada após três anos de soja em solo fértil, obteve-se no primeiro ano o ganho de 25 @ de carne/ha/ano, no segundo ano o ganho foi de 15 @ de carne/ha/ano, no terceiro ano 9 @ de carne/ha/ano e no quarto ano 4 @ de carne/ha/ano, tendo uma redução no potencial produtivo da pastagem em torno de 40 %/ano. Por ser produzida em solo fértil, fica claro que o maior motivo para a redução drástica no potencial produtivo da pastagem é a falta de nitrogênio.

A DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS E O CICLO DO NITROGÊNIO

*Robert M. Boddey, Bruno J. R. Alves, Octávio C. de Oliveira e
Segundo Urquiaga
Embrapa Agrobiologia, Caixa Postal 74.505,
23851-970 Seropédica - Rio de Janeiro.*

Em toda a extensão do território nacional existem cerca de 200 milhões de hectares dedicados à atividade pecuária, que pode ser agrupada, sem considerar maiores detalhes, em intensiva, semi-intensiva e extensiva. Os dois primeiros sistemas são muito comuns nas Regiões Sul e Sudeste, e caracterizam-se pelo confinamento e pastejo intensivo, com rotação freqüente dos animais em um esquema de piquetes, praticados principalmente para a produção de leite.

Os sistemas extensivos, destinados principalmente à produção de carne, estão presentes em grande maioria nas Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste, principalmente na área correspondente ao Cerrado. As áreas do Cerrado utilizadas para pastagem chegam a cerca de 100 milhões de hectares, das quais cerca de 40% estão cultivadas com espécies de gramíneas de origem africana, que, plantadas nesta região, podem aumentar em mais de dez vezes a produção observada nos pastos nativos (Thomas et al., 1995). As primeiras espécies introduzidas eram mais exigentes em fertilidade (Macedo, 1995), no entanto, como na pecuária extensiva raramente se usam adubos, principalmente por limitação econômica, a grande maioria das áreas de pastagens vieram sendo estabelecidas e exploradas com a mínima adição de insumos. Como os solos brasileiros sob pastagens são predominantemente de baixa fertilidade, somente as espécies menos exigentes como as do gênero *Brachiaria* persistiram sob este regime de exploração pastoril.

O PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO PASTO

Com o passar dos anos, a produtividade das pastagens, utilizadas em regime de criação extensiva, tende a diminuir, permitindo a invasão de plantas de baixa palatabilidade e digestibilidade, o que prejudica, severamente, a produção animal. Este processo foi denominado de

“degradação das pastagens”. Os primeiros sinais da degradação são sentidos pelo próprio produtor, ao atestar que a pastagem não suporta mais a mesma quantidade de animais que a dos anos anteriores. Normalmente, mesmo tendo em conta que a pastagem não está mais com o mesmo vigor, o manejo animal que vinha sendo empregado não é modificado e a degradação avança. Espécies invasoras vão ganhando terreno e as áreas de pasto existentes passam a ser superpastejadas. Esta progressão chega até o ponto em que a produtividade da área passa a ser semelhante ou até inferior a dos pastos nativos.

Mas, o que faz com que o pasto degrade? Alguns estudos têm sido realizados no sentido de se levantarem as causas da degradação. Em muitas áreas já degradadas, ou em vias de degradação, o solo tem-se mostrado com algum grau de compactação, o que tem sido atribuído ao pisoteio excessivo dos animais devido ao superpastejo (Mella, 1993). Por outro lado, sabe-se que solos ricos em matéria orgânica são mais estruturados e mais resistentes à compactação. Considerando-se este fato, não seria a compactação do solo o resultado da perda de produção do pasto, em vez da causa? A diminuição da produção vegetal resulta na redução da formação de liteira (palha), que é a fonte de matéria orgânica do solo. Se a matéria orgânica diminui o solo fica mais susceptível à compactação.

Mas, se não é a compactação do solo, o que inicia a degradação? Em um estudo recente em pastagens degradadas de braquiária, em solos de cerrado, encontrou-se que somente a adição de adubo nitrogenado poderia elevar consideravelmente a produção da pastagem (Fig. 1), o que confirmou as suspeitas de que a perda de produção do pasto seria, principalmente, de ordem nutricional. Em outro estudo, também realizado em área de cerrado, o consórcio de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) com uma leguminosa forrageira (*Stylosanthes guianensis*), a produção vegetal e animal da pastagem consorciada foi bem superior ao da pastagem em monocultura (Ayarza et al., 1997). Neste caso, a presença da leguminosa significou uma fonte extra de nitrogênio para a pastagem, proveniente do sistema fixador de nitrogênio atmosférico existente em suas raízes.

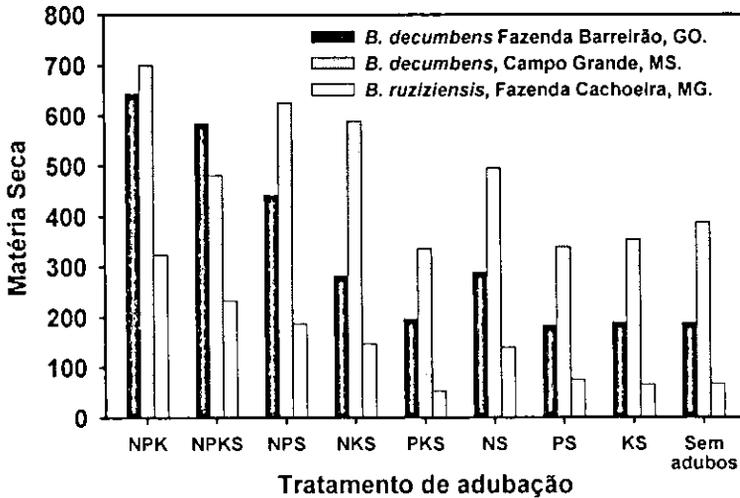


FIG. 1. Resposta de pastagens degradadas de *Brachiaria* spp. à aplicação superficial de N, P, K e S em três regiões do Cerrado. Médias de três repetições. Dados de Oliveira et al. (2000).

Uma vez que o problema é nutricional e o nitrogênio é o responsável pelo início da degradação, como surge a deficiência deste nutriente na pastagem? Intuitivamente, a resposta para esta questão seria: o nitrogênio é perdido! As perdas ocorrem principalmente devido à presença do gado. A urina e as fezes do gado que está engordando ou "em terminação" concentram cerca de 90 a 95% de todo o nitrogênio consumido pelo animal (Edwards, 1996). O nitrogênio existente na urina está na forma de compostos solúveis, principalmente uréia, e pode ser rapidamente transformado no gás amônia ou perdido por lixiviação. As fezes também têm uma parte deste nitrogênio em solução também sujeitas às mesmas perdas. O cheiro forte da urina e das fezes que recém depositam-se sobre o solo indicam que as perdas de nitrogênio já estão ocorrendo. Os estudos realizados na *Embrapa Agrobiologia* mostram que estas perdas podem estar entre 34 e 80% do total do nitrogênio depositado na urina, sendo maior na ausência de cobertura vegetal (Ferreira et al., 1995, 2000). No caso das fezes, as perdas foram menores, situando-se em torno de 10% do total de nitrogênio depositado (Ferreira, 1995).

O nitrogênio que passa a fazer parte da carne do gado, na forma de proteínas, também pode ser considerado perdido quando o gado é retirado do pasto para o abate, mas, raramente, esta exportação de nitrogênio excede 10 kg por hectare por ano.

Além da existência de estudos isolados de vários processos que compõem o ciclo de nitrogênio em pastagens, nunca foi feito um estudo de todos os processos envolvidos simultaneamente em um pastagem numa região tropical. Por esta razão a equipe de *Embrapa Agrobiologia*, em cooperação com membros do setor de pecuária da CEPLAC/CEPEC, começaram, em 1992, estudar a ciclagem de N e outros nutrientes num experimento já estabelecido na Estação de Zootecnia do Extremo Sul da Bahia (CEPLAC/ESSUL), situada no município de Itabela (BA). O experimento inclui tratamentos de *Brachiaria humidicola* em monocultura e em consórcio com a leguminosa forrageira *Desmodium ovalifolium* sob pastejo contínuo de gado (novilhos azebuados) a três taxas de lotação; 2, 3 e 4 cabeça ha⁻¹. Foram quantificados os nutrientes reciclados através das folhas senescidas (liteira) das forrageiras (Rezende et al., 1999), a contribuição de fixação biológica de nitrogênio (FBN) à leguminosa (Alves et al., 2000a, 2000b), as quantidades da gramínea e da leguminosa (e seus conteúdos de nutrientes) consumidas pelos animais (Macedo et al., 2000) e as quantidades de nutrientes depositadas na pastagem nas fezes e urina (trabalhos em preparação).

Os resultados detalhados estão sendo publicados, mas os dados computados até agora mostraram claramente o efeito do aumento da taxa de lotação animal na partição de nutrientes entre aqueles reciclados eficientemente no material vegetal senescido, e aqueles reciclados nas excretas dos animais que são sujeitos a perdas do sistema solo/planta/animal. Os resultados (Tabela 1) mostraram na pastagem de *B. humidicola* em monocultura, que o aumento da taxa de lotação de 2 para 4 cab. ha⁻¹ (equivalente aproximadamente a 1,2 e 2,5 unidades animal – UA ha⁻¹, respectivamente) provocou uma queda na quantidade de N reciclado na liteira de 170 a 105 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, e um aumento de N depositado na pastagem na forma de excretas de 86 a 149 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Baseada na suposição (conservadora) que 50% do N da urina e 10% do N das fezes foram perdidas do sistema, estes resultados mostram que dobrando a taxa de lotação de 2 a 4 cabeça ha⁻¹, quase dobrou a perda de N do sistema de 35 a 60 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Estes dados foram utilizados para confeccionar um modelo simples do ciclo de N nas pastagens conforme mostrado nas Figuras 2 e 3 para as taxas de lotação de 2 e 4 animais ha⁻¹, respectivamente.

TABELA 1. Fluxos de N em pastagens de *B. humidicola* em monocultura e consorciada com *D. ovalifolium* sob pastejo de novilhos azebuados a três taxas de lotação (2, 3 e 4 cab./ha).

Pastagem	Taxa de lotação		Deposição de liteira		Consumo de forragem ²		FBN ³	N depositado como		N exportado no animal ⁴
	Cab./ha	MS ¹ t/ha	MS ¹ t/ha	N kg/ha	MS ¹ t/ha	N kg/ha		Urina	Fezes	
<i>B. humidicola</i>	2	29.7	170	7.8	94	0.0	50	37	7.3	
	3	27.5	151	9.1	91	0.0	39	44	7.7	
	4	21.3	105	12.4	158	0.0	90	59	8.6	
	Média	26.2	142	9.8	114	0.0	59	47	7.9	
<i>B. humidicola</i> <i>D. ovalifolium</i>	2	33.1	325	6.3	103	84	54	42	7.0	
	3	26.0	193	10.2	185	28	106	70	9.2	
	4	23.6	149	11.7	226	56	130	85	11.1	
	Média	27.6	222	9.4	171	56	96	66	9.1	

¹ Matéria seca reciclada na liteira computada conforme descrito por Rezende et al. (1999).

² Estimativa derivada da digestibilidade da forragem retirada de animais fistulados no esôfago e a técnica de Cr₂O₃. (ver Macedo et al., 2000).

³ A contribuição da fixação biológica de nitrogênio (FBN) estimada utilizando a técnica de ureídeos (Alves et al., 2000b), a proporção da leguminosa na forragem em oferta e a % N na leguminosa na forragem em oferta.

⁴ N exportado na carcassa do animal = ganho de peso animal x 0,025.

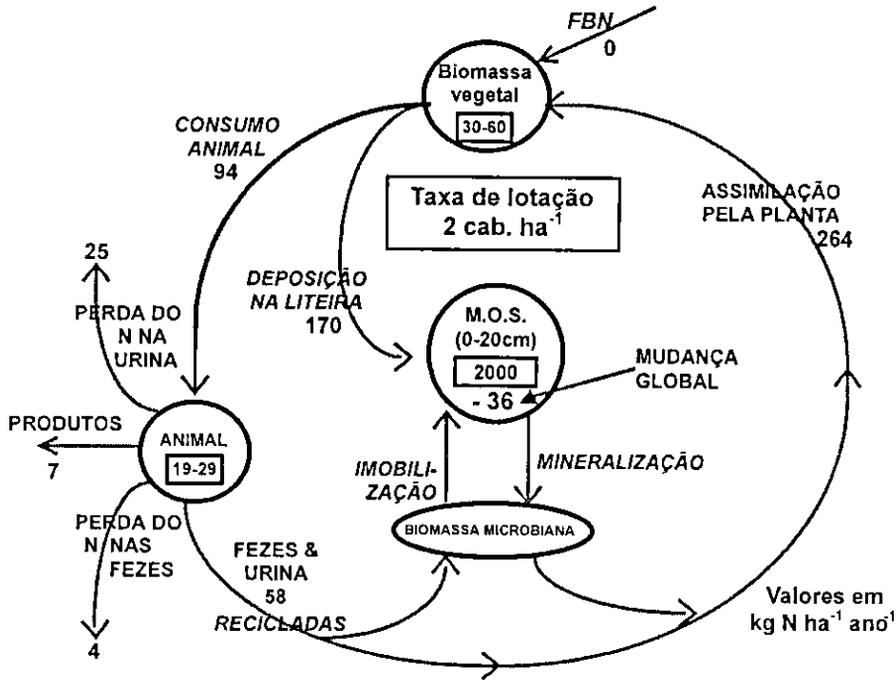


FIG. 2. Ciclagem de nitrogênio em uma pastagem de *Brachiaria humidicola* em monocultura sob pastejo de bovinos de corte (novilhos azebuados) numa taxa de lotação de 2 animais ha⁻¹. Estudo conduzido na Estação de Zootecnia do Extremo Sul da Bahia (CEPLAC/ESSUL), Itabela, BA. Valores são estimativas derivadas de três repetições (piquetes) durante os doze meses do ano 1995. Dados do equipe *Embrapa Agrobiologia/CEPEC-CEPLAC*.

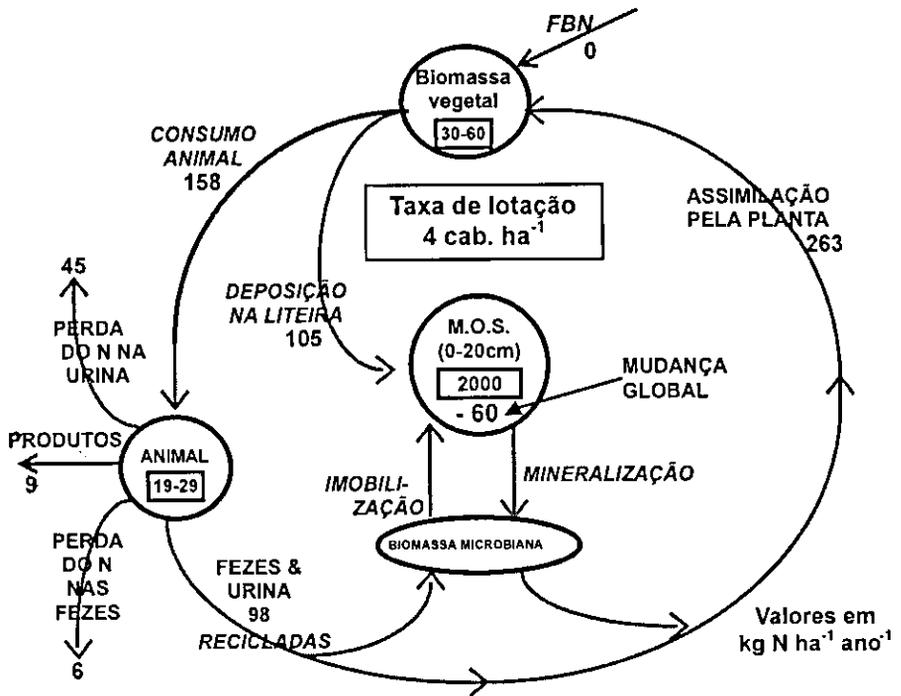


FIG. 3. Ciclagem de nitrogênio em uma pastagem de *Brachiaria humidicola* em monocultura sob pastejo de bovinos de corte (novilhos azebuados) numa taxa de lotação de 4 animais ha⁻¹. Estudo conduzido na Estação de Zootecnia do Extremo Sul da Bahia (CEPLAC/ESSUL), Itabela, BA. Valores são estimativas derivados de três repetições (piquetes) durante os doze meses do ano 1995. Dados da equipe *Embrapa Agrobiologia/CEPEC-CEPLAC*.

Se existem perdas de N a qualquer taxa de lotação animal, através das excretas e pela produção de carne, de que adiantaria tanto controle se a presença do gado as torna inevitáveis? Neste ponto, a natureza foi perfeita. Ao mesmo tempo em que existem perdas, também existem ganhos. Estima-se que através das chuvas podem retornar, da atmosfera para o solo, até cerca de 10 kg de nitrogênio por hectare por ano (Urquiaga et al., 1990). A fixação biológica de nitrogênio por bactérias presentes na região das raízes e, as vezes, no interior das gramíneas forrageiras, pode introduzir entre 10 e 30 kg de nitrogênio por hectare por ano, dependendo da espécie vegetal (Boddey & Victória, 1986). No entanto, estes dados foram obtidos em condições controladas e por isso não se sabe ao certo a magnitude destas contribuições a nível de campo, no entanto esta fonte não deve ser desprezada.

Assim, se existe limitação de nitrogênio, a pastagem se enfraquece e problemas como aparecimento de invasoras menos exigentes em nitrogênio, exposição do solo, compactação, erosão, etc., alimentam o cenário de degradação e tornam cada vez mais difícil e caro a recomposição da pastagem.

CONTORNANDO O PROBLEMA

Dependendo do estágio de degradação, pode ser necessário uma reforma do pasto. No entanto, nem todos os produtores dispõem de equipamentos adequados ao processo, principalmente quando a estratégia é a reforma do pasto com cultivo prévio de uma cultura de grãos. Nem sempre se pode garantir que a reforma trará resultado positivo, tanto pelo ponto de vista agrônomo quanto econômico. Tampouco pode-se afirmar sobre o prazo em que um novo processo de reforma deverá ser efetuado. Logo, a solução é manejar a pastagem de forma a se evitar a degradação.

Uma das estratégias é a de manter a pastagem sob uma pressão de pastejo em que a quantidade de nutrientes reciclada no resíduo seja suficiente para atender à demanda da pastagem. Do ponto de vista do produtor, o controle da altura do pasto é a solução para o controle da oferta adequada de forragem, porém, este controle poderá ser variado dependendo do hábito de crescimento de cada espécie. A experiência de produtores mostra que, para pastagens de *Brachiaria brizantha*, de hábito ereto, manter os joelhos do gado cobertos tem aumentado a longevidade da pastagem. Para *Brachiaria humidicola*, de hábito mais rasteiro, o

pasto deve ser manejado mais baixo, pois com a altura observada para *B. brizantha*, certamente haveria acamamento do pasto. Seguindo o exposto acima, a pressão de pastejo para manter a pastagem produtiva por longo prazo, deve estar situada em um ponto em que a quantidade de nutrientes reciclada, através da liteira, atenda à demanda da pastagem. Neste ponto, as perdas de nitrogênio através das excretas do gado devem estar a um nível muito próximo do que é introduzido ao sistema pela contribuição da FBN e precipitação pluviométrica.

E quando a oferta de pasto for insuficiente? Muitas vezes, o número ideal de animais para manter um funcionamento economicamente viável de uma fazenda pode ser maior do que seria recomendado para as condições da pastagem. Neste caso, a introdução de leguminosas forrageiras pode ser a melhor solução, pois a maior oferta de proteína reduz o consumo de forragem e a liteira da leguminosa ainda pode atender a demanda extra de nitrogênio da pastagem pela maior taxa de lotação. Dados apresentados por Zimmer & Correa (1993) mostraram claramente o efeito positivo da consorciação de leguminosas em pastagens. O ganho de peso vivo foi mais significativo para o pasto consorciado quando a comparação foi feita com pastos de grama pura sem adição de N. Deste estudo, foi possível deduzir que a presença da leguminosa em consórcio, dependendo do manejo dado, pôde produzir resultados que se equipararam a pastos de gramínea pura adubados com até 100 kg N ha⁻¹. O benefício da leguminosa para a produção animal é relatado em muitos outros trabalhos, no entanto, o benefício para o equilíbrio nutricional da pastagem não tem sido muito estudado. Em um dos poucos estudos, feito na região dos Cerrados, encontrou-se que *Stylosanthes guianensis* cv Bandeirantes, consorciado com *Andropogon gayanus*, obteve aproximadamente 81% do total de N acumulado na planta do processo de fixação biológica de nitrogênio (Cadisch et al., 1994), e que a presença da leguminosa foi fundamental para contrabalançar as perdas de N do sistema.

No estudo da ciclagem de nitrogênio conduzido na estação da CEPLAC na Itabela, mencionado anteriormente, os resultados mostraram claramente as vantagens da introdução da leguminosa no balanço total do N no sistema (Figuras 4 e 5). A proporção da leguminosa na forragem em oferta foi em média 30% na taxa de lotação de 2 animais ha⁻¹, e 20% na taxa de 4 animais ha⁻¹. Os cálculos da contribuição da FBN (Alves et al., 2000b) mostraram que o ingresso total de N desta fonte foi de 84 e 56 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ nas taxas de lotação 2 e 4 animais ha⁻¹, respectivamente. A presença da leguminosa proporcionou um aumento

nas quantidades de N consumidos pelo gado de 94 para 103, e de 158 de 226 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, nas taxa de 2 e 4 animais ha⁻¹, respectivamente. O grande aumento no N consumido na taxa de lotação mais alta era devido ao aumento da proporção da leguminosa ingerida, este parâmetro sendo avaliado através do uso da técnica da abundância natural de ¹³C (Macedo et al., 2000). Entretanto, como *Desmodium ovalifolium* apresenta nos tecidos uma alta concentração de taninos (polifenóis), o gado não conseguiu aproveitar os maiores níveis de proteína na ração ingerida Longland et al. (1995) e a maior parte deste N é excretada nas fezes e urina. Nesta maior taxa de lotação a presença da leguminosa na pastagem proporcionou um aumento de 43% no consumo de N de 158 a 226 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, mas o ganho de peso animal somente aumentou 29% e o N excretado aumentou em 44%. Esta situação é particular a leguminosa *D. ovalifolium*, que tem altas níveis de taninos mas no caso de outras leguminosas com *Stylosanthes guianensis* ou *Arachis pintoi* o benefício da leguminosa ao ganho do peso dos bovinos é maior (Ayarza et al., 1997; Boddey et al., 1997).

Deve-se salientar que, se a leguminosa não apresenta um sistema simbiótico, fixador de nitrogênio, eficiente, a planta passa a explorar o N nativo do solo para atender às suas necessidades nutricionais, o que faria o sistema ainda mais extrativo, com uma aceleração no processo de degradação da pastagem por esgotamento de N do solo. Surge daí a necessidade de se incluírem leguminosas com alto potencial para FBN a fim de se manter um balanço sempre positivo entre ganhos e perdas deste nutriente. Afortunadamente, as leguminosas forrageiras são pouco competitivas por N do solo se comparadas às gramíneas tropicais, como as do gênero *Brachiaria* e, dessa forma, uma vez estabelecidas em consórcio, as contribuições da fixação biológica de nitrogênio é incrementada.

É importante salientar que, aliado ao controle do nitrogênio, a prática da adubação de manutenção com fósforo e potássio, as quais seriam suficientes em adições anuais de 25 kg/ha de P₂O₅ e 15 kg/ha de K₂O, é fundamental para manter a pastagem produtiva.

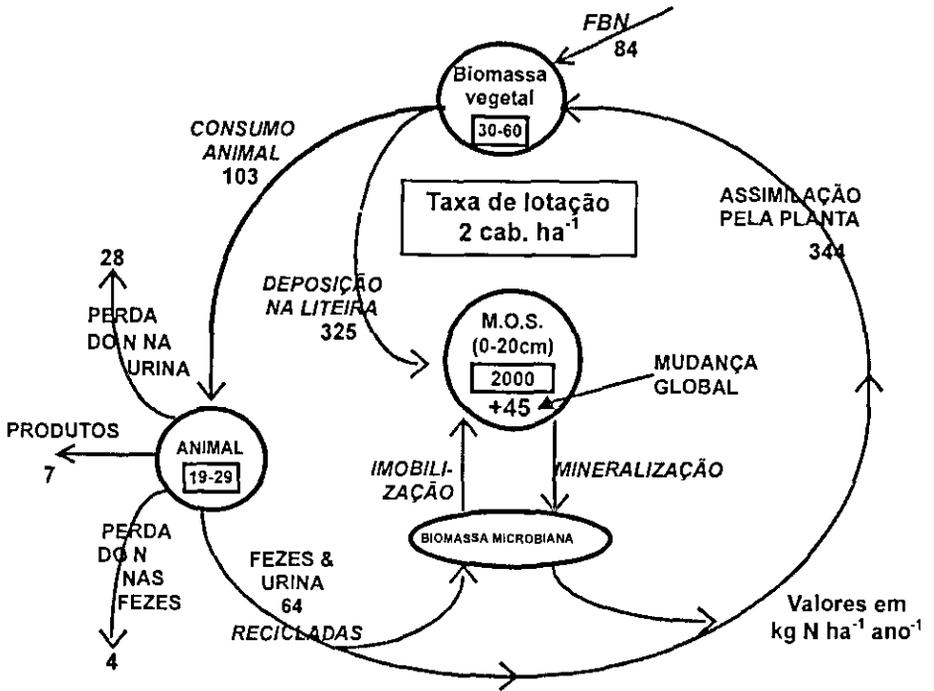


FIG. 4. Ciclagem de nitrogênio em uma pastagem de *Brachiaria humidicola* consorciada com *Desmodium ovalifolium* sob pastejo de bovinos de corte (novilhos azebuados) numa taxa de lotação de 2 animais ha⁻¹. Estudo conduzido na Estação de Zootecnia do Extremo Sul da Bahia (CEPLAC/ESSUL), Itabela, BA. Valores são estimativas derivadas de três repetições (piquetes) durante os doze meses do ano 1995. Dados do equipe *Embrapa Agrobiologia/CEPEC-CEPLAC*.

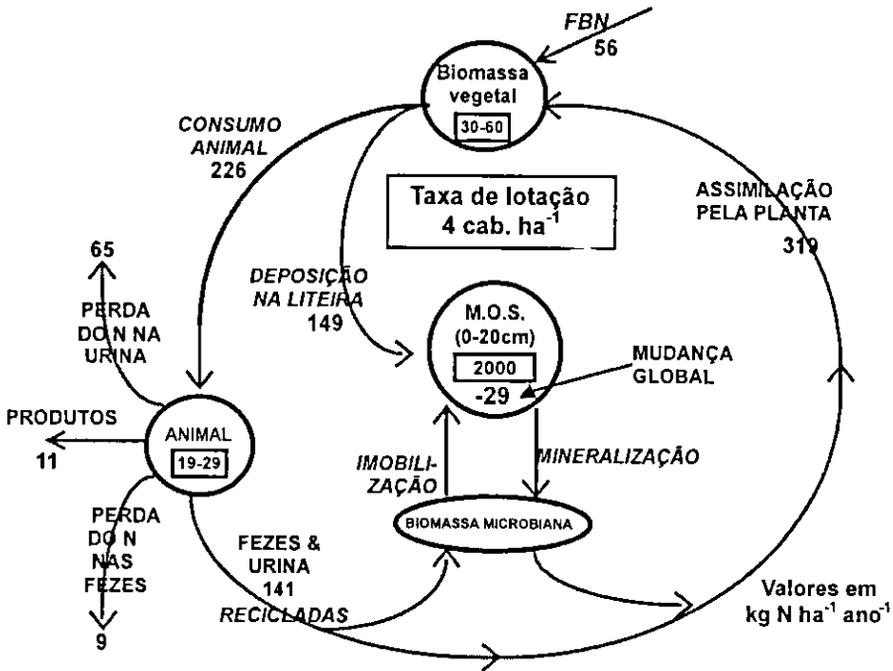


FIG. 5. Ciclagem de nitrogênio em uma pastagem de *Brachiaria humidicola* consorciada com *Desmodium ovalifolium* sob pastejo de bovinos de corte (novilhos azebuados) numa taxa de lotação de 4 animais ha⁻¹. Estudo conduzido na Estação de Zootecnia do Extremo Sul da Bahia (CEPLAC/ESSUL), Itabela, BA. Valores são estimativas derivados de três repetições (piquetes) durante os doze meses do ano 1995. Dados do equipe *Embrapa Agrobiologia/CEPEC-CEPLAC*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, B.J.R.; RESENDE, A.S.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. (2000a) Biological nitrogen fixation by two tropical forage legumes assessed from the relative ureide abundance of stem solutes ^{15}N calibration of the technique in sand culture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56: 165-176.
- ALVES, B.J.R, REZENDE, C. de P.; RESENDE, A.S.; MACEDO R.; TARRÉ, R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. (2000b) Estimation of N_2 fixation in *Desmodium ovalifolium* from the relative ureide abundance of stem solutes: Comparison with the ^{15}N -dilution and an *in situ* soil core technique. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56: 177-193.
- AYARZA, M.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. (1997). Introdução de *S. guianensis* cv. Mineirão em pastagens de *Brachiaria ruziziensis*: Influência na produção da pastagem e na reciclagem da liteira. Boletim técnico. No. 1 Embrapa Agrobiologia.
- BODDEY, R.M.; VICTORIA R.L. (1986) Estimation of biological nitrogen fixation associated with *Brachiaria* and *Paspalum* grasses using ^{15}N -labelled organic matter and fertilizer. *Plant Soil* 90: 265-292.
- BODDEY, R.M.; RESENDE, C. DE P.; PEREIRA, J.M.; CANTARUTTI, R.B.; ALVES, B.J.R.; FERREIRA, E.; RICHTER, M.; CADISCH, G.; URQUIAGA, S. (1994) The nitrogen cycle in pure grass and grass/legume pastures: evaluation of pasture sustainability. In: *Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation*. p. 309-319. Vienna, Austria: FAO/IAEA.
- BODDEY, R.M.; MORAES, SÁ J.C. de, ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. (1997) The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 787-799
- CADISCH, G.; SCHUNKE, R.M.; GILLER K.E. (1994) Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. *Tropical Grasslands*, 28:43-52.

- EDWARDS, D.R (1996) Recycling livestock manure on pastures. In: Nutrient cycling in Forage Systems (Richard E J & Roberts C A, Ed.). Potash and Phosphate Institute, Kansas. p. 45-64.
- FERREIRA, E. (1995) A excreção de bovinos e as perdas de nitrogênio nas pastagens tropicais. Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. 120 p.
- FERREIRA, E.; RESENDE, A.S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. (1995) Destino do ¹⁵N-urina bovina aplicado na superfície de um solo podzólico descoberto, ou sob cultura de *Brachiaria brizantha*. Anais XXXII Congresso Anual da Soc. Bras. Zootecnia. 17-21 Julho. p.109- 110.
- FERREIRA, E.; REZENDE, C. de P, GALINDO, L.L.G.; RESENDE, A.S.; TARRÉ, R.M.; MACEDO, R.O.; OLIVEIRA, O.C.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. (2000) Recuperação do nitrogênio da urina bovina pela pastagem de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt cultivada no sul da Bahia. Reunión Latinoamericana de Produccion Animal y Congreso Uruguayo de Produccion Animal, 14 a 21 Março, 2000. Anais CD-ROM, Montevideo, Uruguay.
- LONGLAND, A.C.; THEODOROU, M.K.; SANDERSON, R., LISTER S.J.; POWELL, C.J. MORRIS, P (1995) Non-starch polysaccharide composition and in vitro fermentability of tropical forage legumes varying in phenolic content. Animal Feed Sci Technol 55: 161-177
- MACEDO, M.C.M. (1995) Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros: Pesquisas para o Desenvolvimento Sustentável (RP de Andrade, A de O Barcellos & CMC da Rocha) p. 28-62. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.
- MACEDO, R.O.; TARRÉ, R.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; REZENDE, C.DE.P.; PEREIRA, J.M.; BODDEY, R.M. (2000) Efeito da presença da leguminosa *Desmodium ovalifolium* no consumo de pastagens de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt por bovinos de corte. In: Reunión Latinoamericana de Produccion Animal y Congreso Uruguayo de Produccion Animal, 14 a 21 Março, 2000. Anais (CD-ROM).. Montevideo, Uruguay:

- MELLA, S.C. (1993) Manejo como fator de recuperação de pastagens. In: Encontro sobre Recuperação de Pastagens, 1, 1993. Anais... Nova Odessa: Paulino, V.T.; Alcântara, P.B. et al., 1993. p.61-78.
- OLIVEIRA, O.C. de, PEREIRA, D.E.; OLIVEIRA, I.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; FERREIRA, E.; ALVES, B.J.R.; AYARZA, M.; MIRANDA, C.H.B.; VILELA, L. (1997). Resposta de pastagem degradada à adubação em condições de campo no cerrado brasileiro. In: Dias L.E. et al. (eds.). pp. 110-117, Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas (III SINRAD), Ouro Preto, MG. Universidade Federal de Viçosa.
- REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; GOMIDE, J.A.; PEREIRA, J.M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.M.; MACEDO, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K.E.; BODDEY, R.M. (1999) Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. Nutrient Cycling in Agroecosystems 54: 99-112.
- THOMAS, R.J.; FISHER, M.J.; AYARZA, M.A.; SANZ, J.I. (1995) The role of forage grasses and legumes in maintaining the productivity of acid soils in Latin America. In: R. Lal and B.A. Stewart (eds), pp. 61-83., Soil Management – Experimental basis for sustainability and Environmental Quality. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. (1990) Dinâmica do N no solo. Trabalho apresentado no I Simpósio Brasileiro sobre Nitrogênio em Plantas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguai, RJ. 2 a 4 Maio, Caderno de trabalhos apresentados. v.1 p.181-243.
- ZIMMER, A.H.; CORREA, E.S. (1993) A pecuária nacional, uma pecuária de pasto? In: Anais do Encontro sobre Recuperação de Pastagens. Paulino V.T. et al. Eds. p.1-25. Nova Odessa, São Paulo.

ALTERNATIVAS DE MANEJO DE PASTAGEM PARA MELHOR APROVEITAMENTO DO NITROGÊNIO DO SOLO

*Roza Maria Schunke
Embrapa Gado de Corte, Caixa Postal 154/155
79106-000 – Campo Grande-MS*

INTRODUÇÃO

As áreas de pastagens cobrem 177 milhões de hectares do território brasileiro, sendo que destes, 99 milhões são de pastagens cultivadas (IBGE, 1995). Dados estimados indicam que, pelo menos, 80% destas pastagens são formadas por gramíneas do gênero *Brachiaria*. Caracterizam-se, portanto, como grandes áreas de monocultura, que associadas a um modelo de pecuária extrativista e apoiados em solos com baixa disponibilidade de fósforo e nitrogênio, resultam em degradação de grande parte destas áreas.

Uma das principais causas da redução na produção vegetal de pastagens de gramínea em monocultura ao longo do tempo é a baixa disponibilidade do nitrogênio para as plantas devido à alta relação C:N dos resíduos (liteira e raízes) reciclados no solo. Ao se decomporem, estes resíduos provocam imobilização do nitrogênio (Schunke, 1998) e produzem no solo compostos orgânicos mais recalcitrantes e de mineralização mais lenta. Atualmente assume-se que a liteira e as raízes são os principais responsáveis pela incorporação de N nos sistemas (Boddey et al., 1995, Cadish et al., 1994; Russele, 1997), especialmente em pastagens tropicais.

Também as altas perdas de N das excretas dos animais (Steele e Vallis, 1988) afetam a produção. No caso do gado de corte, os animais excretam aproximadamente 90% do nitrogênio consumido (Floate, 1987). O nitrogênio na urina encontra-se principalmente na forma de uréia ou amônia, e nas fezes, a maior parte está em forma orgânica (Vallis, 1984). Considera-se que as maiores perdas de N ocorram através da urina, porque a uréia é facilmente hidrolisada à amônia. Ocorrem perdas de até 80% do N excretado, através de volatilização de amônia (Ball e Keeney, 1983), especialmente quando esta é depositada em solo

descoberto (Ferreira *et al.* 1995) e com baixa CTC quando então são ainda maiores (Whitehead & Raistrick, 1993).

Um manejo eficiente poderá aumentar o aporte de nitrogênio aos sistemas de produção de pastagens, equilibrando suas transformações nos diferentes pools do elemento no solo e garantindo a sustentabilidade destes sistema. Tal manejo envolve escolha da espécie forrageira apropriada, a manutenção da fertilidade do solo, aliada ao aumento da biodiversidade que pode ser alcançada com o uso de leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico e ao manejo animal adequado no que se refere à carga e ao diferimento animal. É uma escolha complexa pois envolve uma interação de variáveis, tais como a forrageira, o animal, o clima e o solo em seus aspectos biológicos, econômicos e de manejo da propriedade.

Portanto, a possibilidade de regularmos a mineralização do N em diversos sistemas de utilização da pastagens, através da manipulação das entradas e saídas do N nos diversos pools do ciclo do elemento, de acordo com o potencial de uso da pastagem, será o caminho para garantirmos a sustentabilidade destas pastagens ao longo do tempo

ESPÉCIE FORRAGEIRA

O potencial genético das forrageiras utilizadas poderá ser um fator determinante na dinâmica do nitrogênio nos sistemas de pastagens. Assim, a seleção de forrageiras com boa qualidade nutricional tem importante implicação na ciclagem do elemento, em sistemas de pastagens baseados em gramíneas. Nesta, esta qualidade está relacionada à altura das plantas, sendo que plantas de porte alto tendem a diluir o nitrogênio absorvido em compostos estruturais e conseqüentemente apresentam baixa concentração do elemento em seus tecidos. Schunke (1998) mostrou que os cultivares de *Panicum maximum*, Tobiatá e Tanzânia, que são de porte alto, têm concentração de N em seus tecidos menor do que os cultivares Vencedor e Aruana que são de porte baixo (Tabela 1). Como conseqüência, os restos de palha depositados sobre o solo, mostram um padrão de imobilização do nitrogênio em seus tecidos durante a sua decomposição (Fig. 1), que poderá comprometer os processos de ciclagem do elemento. Nestas condições o material incorporado terá uma relação C/N maior e tenderá a se incorporar nas frações recalcitrantes da matéria orgânica, tornando o nitrogênio indisponível para as plantas.

TABELA 1. Teores de nitrogênio nos tecidos dos quatro cultivares de *P maximum* cultivada em solo PVA.

CULTIVAR	N (%)
Vencedor	1,35
Tobiatã	0,93
Aruana	1,37
Tanzânia	0,89

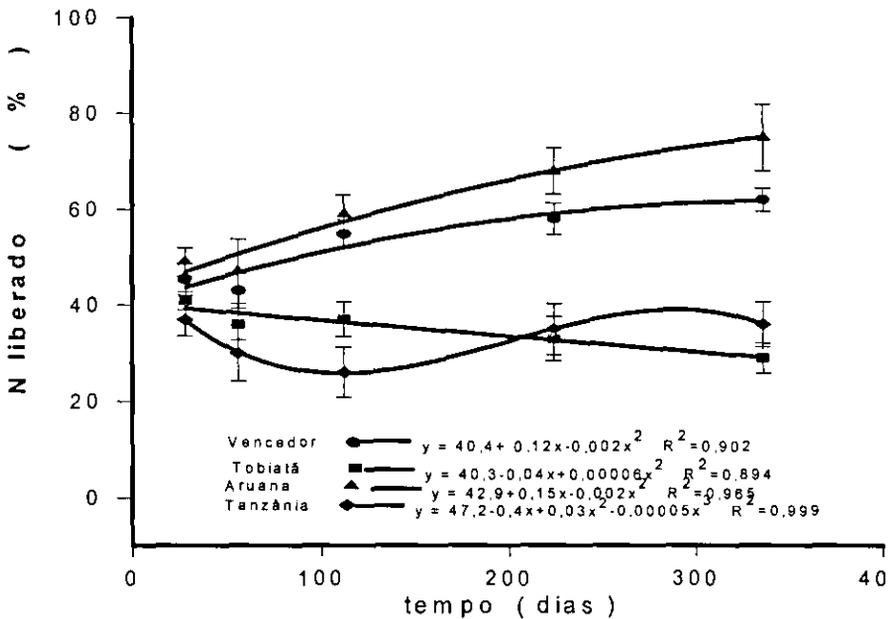


FIG. 1. Nitrogênio liberado (%) da liteira de quatro cultivares *Panicum maximum* (barras verticais correspondem ao erro padrão das médias) (fonte: Schunke, 1998).

Com diferentes espécies de *Brachiaria* também é identificado este comportamento. Para a brizanta, que é uma espécie de porte mais alto e mais produtiva do que a decumbens, o teor de nitrogênio dos tecidos é mais baixo (Tabela 2), uma vez que o elemento se dilui nos tecidos. Sabe-se que a brizanta é uma espécie com hábito de crescimento

cespitoso e que proporciona maiores ganho animal e consequentemente maior consumo voluntário. Aparentemente a arquitetura da planta permite este nível de consumo. Portanto, o retorno de liteira para o solo é menor do que em pastagem de decumbens, independente da taxa de lotação animal (Tabela 2). Também as quantidades de nitrogênio que retornam ao solo, via liteira, serão menores, afetando significativamente as taxas de mineralização do nitrogênio da matéria orgânica do solo. Existe a teoria de que a brizanta possui alelopatia, porém estes dados evidenciam que sua alta capacidade de extração de nutrientes poderá ser o principal fator que compromete sua consorciação com leguminosas.

TABELA 2. Produção de liteira e deposição de N no solo (kg/ha) de duas espécies de braquiárias consorciadas com estilosantes cv. Mineirão, submetidas a duas cargas animal, em solo LE. (período: maio/98 a junho/99)

	<i>Decumbens</i>		<i>Brizantha</i>	
	<i>UA/ha</i>			
	0,8	1,6	0,8	1,6
Produção de liteira, kg/ha	16.532	14.893	14.968	11.112
N depositado kg/ha	225	172	117	115
N dos tecidos %	1,39	1,23	0,87	1,08
N mineralizado g/kg	62,3	63,6	57,1	49,7

Fonte: Schunke et al., 1999.

ADUBAÇÃO DAS PASTAGENS

Os nutrientes mais limitantes nas pastagens, normalmente são o fósforo e o nitrogênio. As forrageiras respondem significativamente à adubação fosfatada, resultando em prática economicamente viável tanto no estabelecimento como na manutenção. O fósforo é conservado no sistema, se ligando aos compostos orgânicos e aos óxidos do solo num

processo conhecido como fixação, sofrendo perdas insignificantes e sendo exigido pelas plantas em pequenas concentrações, especialmente após a pastagem implantada.

A aplicação de fósforo contribui eficientemente para aumentar a produção de matéria seca das pastagens (Rees, 1981; McLean e Kerridge, 1987), com conseqüente aumento do teor do elemento na planta e da qualidade da forragem disponível (McLean e Kerridge 1987; Schunke et al., 1991).

A adubação fosfatada estimula a absorção de N pela planta como conseqüência da correção da deficiência de P do solo e de um aumento da eficiência no ciclo do N, porém seu efeito sobre a mineralização do nitrogênio do solo é menos consistente.

Em pastagem de *Brachiaria decumbens* implantada em solo arenoso e adubada com fósforo, Schunke et al., (1992) obtiveram aumentos de 100% na produção de matéria seca da parte aérea da planta (Tabela 3) com aumento significativo da quantidade de liteira depositada sobre o solo e da disponibilidade de raízes recicladas no sistema. A mineralização do nitrogênio do solo também foi beneficiada, porém de forma menos intensa.

TABELA 3. Efeito da adubação fosfatada em *B decumbens* em solo arenoso, durante o período chuvoso (média de nov/91 a abr/92).

	<i>Sem adubação</i>	100 kg P ₂ O ₅ ha
	-----kg ha-----	
Matéria seca aérea	1217(65)	2487(201)
Liteira	973(99)	1535(139)
Raízes**	1851(345)	3744(525)
	-----kg N/g de solo-----	
<u>N mineralizado 'in situ'</u> (NH ₄ + NO ₃)	40,6	45,4

O potássio também é deficiente em grandes áreas de solos sob pastagens. Quando o fósforo foi aplicado junto com o potássio, em uma pastagem de *Brachiaria decumbens* consorciada com *Stylosanthes* cv. Campo Grande (Tabela 4), a produção de liteira teve um acréscimo significativo ($P < 0,01$) de aproximadamente 1500 kg ha^{-1} depositando no solo 20 kg ha^{-1} de N e 3 kg ha^{-1} de P a mais do que o tratamento sem adubação. Também acelerou o processo de decomposição da liteira depositada no solo e aumentou a disponibilidade de raízes medida a diferentes profundidades que foi superior em 883 kg/ha . Nesta situação, a adubação não afetou significativamente a mineralização total do N da matéria orgânica do solo, mas favoreceu a nitrificação (Schunke et al., 1999).

TABELA 4. Concentração de N e P nos tecidos da liteira e N do solo mineralizado em pastagem de *B. decumbens* consorciada com estilosantes cv. Campo Grande com e sem adubação com fósforo e potássio (período das águas).

	P ₂ O ₅ - K ₂ O (kg/ha)	
	0-0	80-80
	-----kg/ha-----	
Liteira *	10.935	12.412
Raízes disponíveis **	6.816	7.699
P depositado p/ liteira*	10,5	13,6
N depositado p/ liteira *	123	140
	-----g/kg-----	
P nos tecidos da liteira***	1,1	1,5
N nos tecidos da liteira***	10	12
	-----g N/g de solo-----	
N mineralizado (NH ₄ + NO ₃)**	54	51

* 325 dias de avaliação; ** outubro/98; *** média de dois anos.

Ainda que a adição de fósforo estimule a mineralização do N em algumas situações, a degradação das pastagens em solos arenosos parece estar ligada especificamente à deficiência de fósforo para o crescimento das plantas. A deficiência de P também aumenta o risco de perdas de N por lixiviação uma vez que mais N-mineral estará disponível no solo durante a estação seca. A adição de P à pastagem de gramínea pura, resulta em um aumento de produtividade temporária, com uma

maior demanda por N e uma maior ciclagem de N nos diferentes pools do sistema solo-planta-animal. Considerando que o aumento da produção de liteira e do sistema radicular em pastagens adubadas com P, proporcione uma reciclagem de N mais eficiente, o aumento da taxa de lotação, devido ao aumento da produtividade da pastagem, deverá mudar a rota das perdas de N, passando da lixiviação para as perdas atmosféricas (volatilização da amônia e desnitrificação do N excretado pelo animal). Assim, sem a devida reposição do N perdido, que poderá ser tanto pela introdução de leguminosas, como pela adoção de uma pressão de pastejo adequada, a exaustão de N do solo poderá permanecer a mesma daquela anterior à adubação ou ainda ser acelerada pela adubação fosfatada.

CONSORCIAÇÕES

O nitrogênio, com suas formas altamente solúveis (NH_4^- e NO_3^+) é facilmente perdido do sistema por lixiviação, por volatilização da amônia, ou por redução de NO_3^+ à formas gasosas (N_2O e N_2) por desnitrificação. Por isso as aplicações de adubo nitrogenado beneficiam a produtividade vegetal somente a curto prazo, tornando-se via de regra, economicamente inviável para o caso de pastagens.

A introdução de leguminosas em pastagem de gramíneas é uma das principais ferramentas para prevenir a degradação das pastagens (Cadisch et al., 1994). Os benefícios da leguminosa são tanto para manter um balanço positivo de nitrogênio ao sistema através da fixação biológica do N_2 , como pelo aumento da qualidade da liteira, o que favorece os processos de mineralização (Cantaruti, 1996). Diretamente melhora a qualidade da dieta animal, o que se verifica com leguminosas de alta palatabilidade. Indiretamente, a contribuição se dá através da transferência de N para a gramínea associada, refletindo em melhoria de atributos forrageiros, como teores de proteínas e maior capacidade produtiva, o que se traduz por maior capacidade de suporte.

Schunke et al. (2000) avaliaram o crescimento e a qualidade da decumbens em resposta à ciclagem do nitrogênio da liteira desta gramínea pura e consorciada com estilósantes Campo Grande, em solo LVA, submetidos a três cargas animal (0,6; 1,0 e 1,4 UA/ha). Foi quantificada a liteira e o nitrogênio depositado sobre o solo e a concentração de N dos tecidos da liteira (Tabela 5). Os tratamentos com braquiária consorciada nas cargas 0,6 e 1,0 UA/ha depositaram sobre o

solo 8.300 e 7.530 kg/ha de liteira e 141 e 157 kg/ha de nitrogênio respectivamente, enquanto os correspondentes de braquiária pura depositaram 5.860 e 4.980 kg/ha de liteira e 69 e 45 kg/ha de nitrogênio respectivamente. As concentrações de N nos tecidos dessa liteira foi maior em todas as cargas da pastagem consorciada, mostrando o efeito positivo da leguminosa sobre a qualidade da liteira. Como consequência, a produção de forragem para consumo animal aumentou em cerca de 50% nos tratamentos consorciados, especialmente nas cargas 1,0 e 1,4 UA/ha e a concentração de N nos tecidos desta forrageira também foi maior, mostrando uma melhor reciclagem de nutrientes nestes tratamentos.

As leguminosas forrageiras tropicais podem fornecer grandes quantidades de N ao sistema (Thomas, 1992) desde que em simbiose com estirpe de rizóbio eficiente e com correção da fertilidade do solo. Nestas condições a proporção de N₂ fixado pelas leguminosas em consórcio é normalmente grande (Viera-Vargas *et al.*, 1995), devido à alta competitividade da gramínea pelo N do solo, estimulando a simbiose para maiores níveis de FBN. Tanto os dados obtidos de estudos feitos no CPAC no Cerrado (Cadisch *et al.*, 1994), como nas simulações baseadas em modelos teóricos (Thomas, 1992), indicam que nestas regiões uma composição botânica contendo aproximadamente 30% de leguminosa (peso seco) na pastagem consorciada é suficiente para balancear as perdas de N do sistema e manter a produtividade vegetal e animal e a fertilidade do solo, a longo prazo.

O efeito da leguminosa sobre a dinâmica de N é demonstrado comparando-se as variações nos componentes do N no solo, medidos em pastagens de gramínea em monocultivo, e consorciada. A curto prazo, a leguminosa não afeta a reserva orgânica do solo, ou seja os teores totais do elemento não são alterados. No entanto os componentes mais dinâmicos como a taxa de mineralização e os teores de formas inorgânicas de N, refletem melhor o efeito da leguminosa. Os teores de N inorgânico tendem a ser mais elevados na pastagem consorciada, além de apresentarem uma maior proporção de N na forma nítrica, refletindo em maior disponibilidade de N.

TABELA 5. Crescimento e concentração de N dos tecidos da braquiaria em resposta à ciclagem de nutrientes da liteira de *Brachiaria decumbens* pura e consorciada com *Stylosanthes spp* cv Campo Grande, em solo LVA, submetidos a três cargas animal e (período: setembro/1999 a março/2000).

Tratamentos	Crescimento braquiaria*** kg ha ⁻¹	Concen- tração N braquiaria g kg ⁻¹	Liteira depositada* kg ha ⁻¹	N depositado* kg ha ⁻¹	N dos g kg ⁻¹
Braquiaria - 0,6UA	2.690	11	5.860	69	6,9
Braquiaria - 1,0 UA	2.210	11	4.980	45	6,4
Braquiaria - 1,4 UA	2.860	12	3.850	31	7,4
Braquiaria + stylo-0,6 UA	3.190	13	8.300	141	10,1
Braquiaria + stylo -1,0 UA	5.130	12	7.530	157	18,3
Braquiaria + stylo-1,4 UA	4.320	16	3.530	93	14,5
C.V. %	3,5,4	14,7	9,37	4,80	16,4

* Soma de doze coletas; ** Média de doze coletas; *** Crescimento em gaiolas, período de 70 dias.

A manutenção de uma pastagem consorciada exige a seleção de espécies de gramíneas e leguminosas compatíveis e adaptadas às condições edafoclimáticas de cada região. A proporção botânica no consórcio depende de vários fatores, tais como: da palatabilidade da espécie vegetal, do consumo animal, da taxa de lotação e do tipo do manejo (pastejo contínuo, alternado ou rotacionada).

Em pastagem de *B. decumbens* e *B. brizantha* consorciadas com *S. guianensis* e submetidas a duas cargas animal (0,8 e 1,6 AU/ha) (Tabela 6), observou-se que a concentração de N nos tecidos da liteira depositada sobre o solo, foi diretamente proporcional à porcentagem de leguminosa nas pastagens, e superior para o consórcio de decumbens independente da pressão de pastejo, que conseqüentemente, foi mais eficiente na deposição de N no solo em comparação com o consórcio de brizanta (Schunke et al., 2000)

TABELA 6. População de *Stylosanthes guyanensis* cv Mineirão e concentração de nitrogênio da liteira depositada no solo em pastagens consorciadas com *B. decumbens* e *B. brizantha* (média de oito coletas).

Tratamentos		Leguminosa ⁽¹⁾	Nitrogênio
Espécie	Carga	%	g/kg
<i>B. decumbens</i>	0.8	32.7	17,4
	1.6	24.7	13,9
<i>B. brizantha</i>	0.8	6.2	10,0
	1.6	21.4	12,8

(1) Fonte: EMBRAPA/1997, Relatório SEP nº 06.094.172.

MANEJO ANIMAL

Uma vez obtidos os aumentos no aporte de N através da escolha adequada da gramínea, implantada em solo com a fertilidade adequada à suas exigências nutricionais e com o estabelecimento da consorciação, o passo seguinte consiste em estabelecer a intensidade de utilização da pastagem para garantir um volume de massa, que seja adequada à nutrição animal e a manutenção do N no sistema solo/planta.

Thomas (1992), mostrou que em pastagem sob intensa utilização e que empregam leguminosas mais palatáveis como as de clima

temperado, o fluxo do N através das excreções animal é maior. Por outro lado, nas pastagens tropicais, em que a utilização da forragem disponível é inferior a 40% e cultivam-se leguminosas de menor palatabilidade, uma maior proporção do N recicla através dos resíduos vegetais.

Assumindo-se que, estes resíduos vegetais são os principais responsáveis pela incorporação de N nos sistemas, entende-se que o manejo animal é a chave para a manutenção do sistema. O estágio atual de degradação das pastagens é atribuída principalmente ao excesso de utilização, onde estas foram manejadas sem a visão de que compõem um sistema solo-planta-animal. O objetivo naquele sistema de manejo foi o de máximo ganho de peso animal, sem se preocupar com as outras variáveis do sistema. Logo após a implantação destas pastagens cultivadas em substituição a vegetação nativa, a produtividade por área se mostrou compensadora. Entretanto após um período de lucro, o rebanho bovino mostrou alguns sinais de carência nutricional. Dentro da visão imediatista da pecuária vigente algumas soluções milagrosas apareceram. Dentre elas podemos citar a introdução do sal mineral, que é uma tecnologia amplamente aceita atualmente. Realmente a tecnologia é eficiente para melhorar a performance geral do rebanho, mas tem uma condição imprescindível, que é a necessidade de disponibilidade de pasto. Entre os benefícios do sal, pode-se citar o estímulo do consumo provocado pelas altas dosagens de fósforo na mistura o que a atrela a necessidade de investimentos nas pastagens. Um trabalho conduzido por Schunke et al. (1993) (Fig. 2) comparando uma pastagem de decumbens com e sem suplementação mineral e mantidas com a mesma taxa de lotação animal, mostrou que a suplementação diminuiu a disponibilidade de matéria seca da forragem pois a suplementação com fósforo aumentou o consumo voluntário da forrageira. Por outro lado, os animais que não receberam fósforo ganharam pouco peso, pois o sinal básico de uma deficiência de fósforo no bovino é a depressão do consumo de alimentos. Nessas condições a partir do segundo ano houve um aumento da disponibilidade de forragem resultante da baixa extração do sistema pelo animal e da alta taxa de retorno do material morto da pastagem. Como as respostas à suplementação mineral com fósforo são difíceis de serem isoladas, devido ao concomitante aumento do consumo voluntário, estas observações levantam a hipótese de que o uso isolado da suplementação com fósforo, dentro das condições estudadas, aceleram o processo de degradação das pastagens. Outros autores também mostram que os animais suplementados com fósforo aumentam o consumo de alimentos (Winter et al., 1990; McLean et al.,

1990; Coates, 1994). Portanto, na prática do manejo contínuo, o máximo aproveitamento do nitrogênio será naquele que considerar que as retiradas requerem uma entrada equivalente para manter o sistema em equilíbrio. Como mostra a Fig. 2, uma das formas de se atingir este patamar é, ou reduzir as taxas de lotação ou lançar mão de práticas que estimulem a produção de forragem, a exemplo da adubação fosfatada.

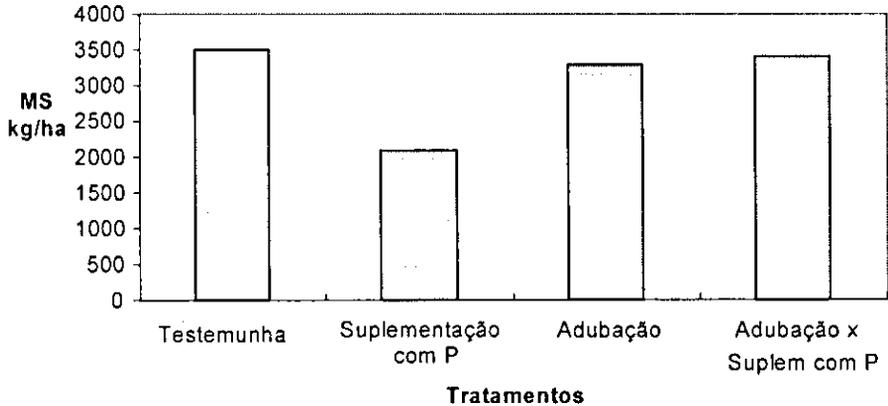


FIG. 2. Disponibilidade de forragem de *B. decumbens* após três anos de pastejo

Outra alternativa é o manejo rotacionado com suas várias modalidades. Segundo Rodrigues & Reis (1997), as opiniões sobre qual o melhor sistema de utilização das pastagens, quanto ao ganho de peso e persistência da forragem, são numerosas e divergentes. Apesar de muitos experimentos terem sido conduzidos para comparar os sistemas contínuo e rotacionado, ainda existe considerável controvérsia sobre os méritos de cada um, pois os resultados são contraditórios e não permitem conclusão definitiva. O manejo, afeta indiretamente a ciclagem do nitrogênio. Em um experimento conduzido na *Embrapa Gado de Corte*, Campo Grande, MS, que avaliou um sistema integrado de decumbens com capim elefante, onde o capim elefante foi usado em pastejo rotacionado na época da água e a decumbens como feno-empé na época da seca, observou-se que na braquiária diferida, quando comparada com a braquiária sem diferimento, houve aumento no retorno de palha para o solo e conseqüentemente da quantidade de nitrogênio

depositada sobre o solo (Fig. 3). Este sistema parece interessante sob o ponto de vista do manejo do nitrogênio no sistema e da racionalização de insumos, pois somente os 25% de área selecionada para o pastejo rotacionado (capim elefante) recebeu adubação nitrogenada, porém toda a área foi indiretamente beneficiada.

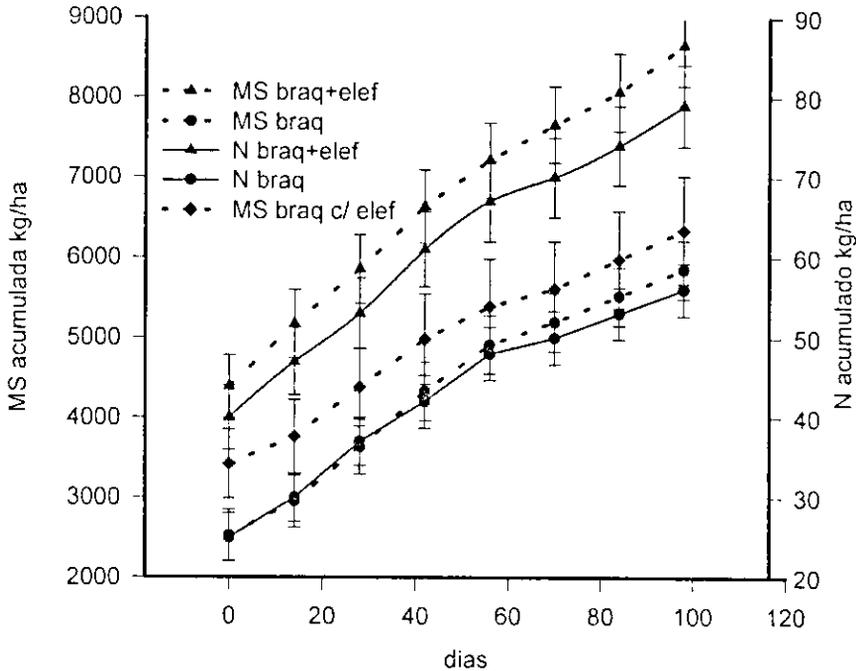


FIG. 3. Deposição sobre o solo de matéria seca e de nitrogênio da liteira em um sistema de produção de braquiária associado ao capim elefante - período: janeiro a abril de 1998. (barras verticais correspondem ao erro padrão da média)

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BALL, P.R.; KEENEY, D.R. (1983) Nitrogen losses from urine-affected areas of a New Zealand pasture under contrasting seasonal conditions. In. Proc. XIV Int. Grassland Congr. Lexington, Ky, pp 342-344.
- BODDEY, R.M.; RESENDE, C.P.; PEREIRA, J.M.; CANTARUTTI, R.B.; ALVES, B.J.R.; FERREIRA, E.; RICHTER, M.; CADISCH, G.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycle in pure grass and grass / legume pastures-evaluation of pasture sustainability. In: Nuclear Techniques In Soil-Plant Studies For Sustainable Agriculture And Environmental Preservation, Vienna, 1994. Proceedings. Viena, Austria, IAEA/FAO, 1995. p.307-319.
- CADISH, G.; SCHUNKE R.M.; GILLER, K.E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. *Tropical Grassland*, 28:43-52, 1994.
- CANTARUTTI, R.B. disponibilidade de nitrogênio em solo de pastagens de *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium* cv Itabela. Viçosa: Tese de Doutorado, 1996. 83p.Coates D. B. The effect of phosphorus as fertiliser or supplement on pasture and cattle productivity in the semi-arid tropics of north Queensland. *Tropical Grasslands*, 28(2)90-108, 1994
- FERREIRA, E., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. (1995b) Perdas de N derivado das fezes bovinas depositadas na superfície do solo. Anais XXXII Congresso Anual de Soc. Bras. Zootecnia. Brasília, DF. 17-21 Julho. pp. 125-126.
- FLOATE, M.J.S. (1987) Nitrogen cycling in managed grasslands. In. *Managed Grasslands: Analytical Studies*. (R.W. Snaydon, ed.) pp 163-172. Elsevier, Amsterdam.
- MCLEAN, R.W.; HENDRICKSEN, R.E.; COATES D.B.; WINTER, W.H. Phosphorus and beef production in northern Australia. 6. Dietary attributes and their relation to cattle growth. *Tropical Grassland* 24: 197-208, 1990.

- MCLEAN, R.W.; KERRIDGE, P.C. Effect of fertilizer phosphorus and sulphur on the diet of cattle grazing buffel grass/ siratro pastures. In: INTERNACIONAL SIMPOSIUM ON THE NUTRITION OF HERBIVORES, 2, Brisbane, 1987. Research paper presented. S.l s.ed. , 1987.p 93-94.
- REES, M.C. Effects of components of superphosphate as fertilizers or supplements on the nutrition of grazing animals. [S. l., s.n.], 1981.(CSIRO).Mimeografado, 3p.
- RODRIGUES, L.R. de A.; REIS, R.A. Sistemas intensivos de pastejo retacionado. In: Peixoto, A.M.; Moura, J.C.; Faria, V.P. Fundamentos do pastejo rotacionado. Simpósio sobre Manejo de Pastagem. Piracicaba, FEALQ, 1997. p.1-24.
- SCHUNKE, R.M. ; VALLE; L.C.S.; SOUSA, M.T.; FERRACIOLI, R.; DA SILVA J.M. Ciclagem de nitrogênio em sistemas de pastagem de *brachiaria decumbens* consorciada com *stylosanthes spp* em solo LVA. Anais do FERTIBIO 2000. Santa Maria.2000
- SCHUNKE R.M. ; VIEIRA, J. M.; SOUSA, J.C.; GOMES, R.F.C.; COSTA, F.P. Resposta à suplementação fosfatada e à suplementação mineral de bovinos de corte sob pastejo em *Brachiaria decumbens* . Embrapa-CNPGC, Boletim de Pesquisa Nº 5. 1991. 24p.
- SCHUNKE, R.M. Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de *Panicum maximum* Jacq.. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – RJ. Tese de Doutorado. 1998. 111p.
- SCHUNKE, R.M.; RAZUK, R.B.; EUCLIDES, V.B.P. Produção, decomposição e liberação de nitrogênio da liteira de pastagem de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* consorciada com *Stylosanthes guianensis* sob duas cargas animais. XVI Reunion ALPA, 2000. CD-Room
- SCHUNKE, R.M.; CADISCH, G.; DOS SANTOS, J.C.C.; BODDEY, R.M. Mineralização da matéria orgânica do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com fósforo. In: Pizarro E. A. (editor). Red Interantional de Evaluación de Pastos Tropicales. RIEPT. 1ª Reunión Sabanas, Brasília, Brasil. 1992. p. 455-458.

- SCHUNKE, R.M.; RAZUK, R.; KIEHL, J.C.; MEDEIROS, T.; ZIMMER, A. H.; MACEDO, M.C. Produção e decomposição da liteira de *Brachiaria decumbens* cv. basilisk consorciada com *Stylosanthes spp* cv. Multilinha, com e sem adubação fosfatada e potássica. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Brasília-DF, 1999
- STEELE, K.W.; VALLIS, I. (1988) The nitrogen cycle in pastures. In Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems. (J. Wilson, ed.), pp. 274-291, C.A.B. International, Wallingford, Oxon., UK.
- THOMAS, R.J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. *Grass & Forrage Science* 47, 133-142. 1992.
- VALLIS I.; GARDENER, C.J. (1984) Short-term nitrogen balance in urine treated areas of pasture on a yellow earth in the subhumid tropics of Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 24:522-528.
- VIERA-VARGAS, M.S.; SOUTO, C.M.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. (1995) Quantification of the contribution of nitrogen fixation to tropical forage legumes and transfer to associated grass. *Soil Biol. Biochem.* 27: 1193-1200.
- WHITEHEAD, D.C.; RAISTRICK, N. The volatilization of ammonia from cattle urine applied to soils as influenced by soil properties. *Plant Soil*, v.148, p. 48-51, 1993.
- WINTER, W. H.; COATES, D.B.; HENDRICKSEN, R.E.; KERRIDGE, P.C.; MCLEAN, R.W.; MILLER, C.P. Phosphorus and beef production in northern Australia. 4. The response of cattle to fertilizer and supplementary phosphorus *Tropical Grassland* 24: 170-184, 1990.

COBERTURAS VERDES EM SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO

Ademir Calegari
Iapar, Caixa Postal 1331; 86001-970 Londrina,
PR. E-mail: asoiapar@pr.gov.br

INTRODUÇÃO

O uso intensivo e inadequado das diversas áreas exploradas tem contribuído para um declínio considerável da fertilidade natural dos solos, levando à uma condição de menor produtividade das culturas, com cada vez menos chances de manifestar todo seu potencial genético (produtivo). Esse manejo inadequado tem contribuído para o processo de degradação da matéria orgânica, causando perdas de algumas propriedades físicas, químicas e biológicas, acelerando a erosão e diminuindo o potencial produtivo das culturas. Normalmente, as áreas que são mantidas sem cobertura (cultivo ou vegetação) são as mais predispostas aos efeitos desfavoráveis das excessivas precipitações, e com isso, certamente as perdas de nutrientes por lixiviação serão bem maiores em relação a uma área com cultivo.

A redução na taxa de decomposição dos materiais orgânicos frescos e húmus em cultivos anuais é obtida através da redução do revolvimento do solo, adição de material que agregue carbono orgânico ao solo, condições estas favorecidas por um manejo através do sistema de cultivo mínimo ou principalmente através do Sistema Plantio Direto.

A PRÁTICA DA ADUBAÇÃO VERDE

Adubação verde é a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciadas a cultivos, com a finalidade de proteção superficial assim como a manutenção e/ou melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, inclusive à profundidades significativas através dos efeitos das raízes das plantas de cobertura (Calegari & Peñalva, 1994). No procedimento do cultivo de plantas a serem usadas como adubação verde, é de fundamental importância, ou até para o próprio sucesso da prática, conhecer com profundidade todos os detalhes referentes à

espécie de adubo verde e também ao local condições edafoclimáticas específicas, e sistemas de produção em curso onde será implantado o cultivo de cobertura, bem como às finalidades propostas (suprimento de nitrogênio, descompactação, aumento de carbono orgânico no solo, diminuição de pragas e doenças, controle de invasoras, agregação do solo, etc.).

Os efeitos dessas plantas tem demonstrado grande potencial na proteção e recuperação da produtividade do solo. Apesar disso, um constante desafio é estabelecer esquemas de uso compatível, das diferentes espécies com os sistemas de produção específicos de cada região, e se possível nos limites de cada propriedade, levando em consideração os aspectos ligados ao clima, solo, infra-estrutura da propriedade e condições sócio-econômicas do agricultor.

Os adubos verdes poderão ser plantados em cultivo singular ou em associações. Como exemplo temos o consórcio de gramíneas e leguminosas, que além de apresentarem um importante efeito melhorador das características físicas do solo (agregação, estruturação), produzem um resíduo de relação C/N intermediária, que favorecerá uma mineralização paulatina do nitrogênio, além de promoverem ao longo dos anos um maior equilíbrio e acúmulo de carbono no perfil do solo (Amado, 1999- Informação pessoal). No caso da decomposição individual das leguminosas e de maiores riscos de lixiviação de N. No caso de decomposição dos resíduos de gramíneas mesclados com resíduos de leguminosas, normalmente não há problemas com imobilização do nitrogênio.

O componente adubo verde deverá sistematicamente fazer parte de um elenco de práticas que conjuntamente, contemplem o manejo adequado do solo e da água. É desejável que a prática da adubação verde seja flexível de acordo com as condições climáticas predominantes, aspectos relativo à solos, disponibilidade de mão-de-obra, infra-estrutura e demais necessidades do produtor rural. É importante considerar que, o bom senso do agricultor será fundamental no sentido de decidir, se deverá ou não, em função das diversas atividades desenvolvidas, fazer uso dos ajustes e modificações que melhor convierem dentro da propriedade.

A manutenção e/ou adição da matéria orgânica ao solo tendem com o tempo a promover:

- elevada capacidade de armazenamento de água; - contribui para uma melhoria do estado de agregação das partículas através da formação dos complexos organo-minerais;

- proporciona um considerável incremento na vida biológica do solo;
- uma acentuada redução das perdas de nutrientes, favorecendo sensivelmente o seu suprimento às plantas;
- aumento na complexação orgânica do alumínio e manganês que encontram-se em níveis tóxicos no solo;
- aumento na CTC (capacidade de troca de cátions) efetiva do solo;
- melhoria do desenvolvimento e rendimento final das culturas.

Diante dessas inúmeras vantagens proporcionadas pela matéria orgânica é de fundamental importância o aproveitamento racional das diferentes fontes de resíduos orgânicos produzidos na propriedade: adubos verdes, resíduos (culturas e de plantas invasoras), estercos, compostos, etc. Esses materiais quando adicionados ao solo, promoverão significativas melhorias, repercutindo em condições mais favoráveis ao estabelecimento e rendimento das culturas.

OPÇÕES DE CULTIVOS NA ENTRE-SAFRA

Conforme as diferentes características regionais, e sistemas de produção predominantes, existem diversas alternativas de cultivo (Calegari et al., 1993; Calegari, A., 1995) entre as safras principais:

- a) possibilidade de semeadura da *Crotalaria juncea*, Sorgo forrageiro, Milheto, Guandu, ou ainda o consórcio de *Crotalaria* com Sorgo ou milheto, ou mesmo sorgo com milheto, (implantado logo após a colheita de milho safrinha, ou cultivo de inverno e manejo/colheita em final de julho, ou ainda após a colheita do milho do cedo- meados de fevereiro) para posterior implantação de cultivos de cobertura que 60-70 dias após é manejado para posterior plantio de culturas comerciais como soja, milho, feijão, arroz, trigo, ou cana-de-açúcar (Paraná, SC, RS, Cerrados de SP e MT);
- b) plantio de milho consorciado com mucuna, feijão de porco, guandu, crotalarias, sendo implantado no início do período chuvoso, sendo posteriormente manejado (incorporado ou não) toda massa vegetal após a colheita do milho;

- c) plantio de mucuna após colheita de cultivos precoces como: arroz, milho, amendoim e soja; opções principalmente para os Cerrados; neste caso o manejo do adubo verde deverá ser no início do próximo período chuvoso;
- d) plantio de guandu, *Crotalaria paulina*, Guandu X Sorgo, Guandu X Milheto, Mucuna, em novembro para o caso de deixar o terreno em pousio por um ano agrícola, sendo neste caso manejado em outubro do ano seguinte;
- e) Cultivo de girassol, milho, milho pipoca, guandu anão, *Crotalaria juncea*, milheto, ou *C. juncea* X Milheto, Milheto X Guandu, Guandu X Sorgo, em fevereiro, após as colheitas das culturas de verão (soja ou milho), tendo ainda a possibilidade, no caso da região Centro-Sul de se cultivar a Aveia branca no inverno para produção de grãos, cevada ou mesmo o próprio trigo, após essas opções de entressafra (safrinha).

EFEITOS DA ADUBAÇÃO VERDE/MATÉRIA ORGÂNICA NAS PROPRIEDADES DO SOLO

• Efeitos químicos

As diferentes espécies de adubos verdes bem como seus resíduos tendem a causar importantes efeitos na fertilidade do solo.

Os principais efeitos são:

- acúmulo de matéria orgânica ao longo dos anos;
- incremento na formação de ácidos orgânicos, fundamentais no processo de solubilização dos minerais do solo;
- maior disponibilidade de macro e micronutrientes nas camadas superiores do perfil do solo;
- contribuição para o aumento da CTC (dependente de pH) do solo;
- diminuição dos efeitos tóxicos do alumínio e manganês através da formação de complexos;
- incremento na mobilização dos nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que se encontram nas camadas mais profundas do perfil do solo, através da elevada capacidade de reciclagem de

nutrientes. Dessa forma, colocando-os em condições de serem aproveitados pelas culturas posteriores.

- **Efeitos Físicos**

Os resíduos vegetais, quer de adubos verdes ou restos de colheitas poderão ter vários destinos: serem deixados na superfície como cobertura morta (“mulch”); alguns produtores aproveitam como fonte alternativa na alimentação animal; alguns incorporam ao terreno (sistema convencional); e ainda existem alguns produtores que queimam esses resíduos. O manejo correto desses resíduos é de fundamental importância e muito pode contribuir para o processo de preservação e/ou de recuperação do potencial produtivo dos solos agrícolas ao longo do tempo.

Os resíduos das plantas no solo, quer pelo efeito da massa vegetal na superfície ou através das raízes no perfil do solo tendem a provocar importantes alterações em algumas propriedades do solo. Dessa forma, os resíduos tendem a contribuir para uma melhoria da estruturação do solo, por um aumento da estabilidade dos agregados estáveis em água (ação cimentante da matéria orgânica, efeito dos polissacarídeos e hifas de fungos); aumento da capacidade de retenção de água, elevação dos índices de infiltração de água; aumento da porosidade do solo, melhor aeração, menores perdas de água por evaporação pelo efeito da cobertura morta na superfície, diminuição da densidade do solo pelo efeito da matéria orgânica.

Vários resultados práticos têm mostrado que a prática da adubação verde e cobertura vegetal são importantes fatores, tanto na conservação de água no solo quanto no seu uso eficiente. Normalmente, isso tem contribuído para uma melhoria na infiltração de água, diminuição de evaporação, e na melhoria da drenagem dos solos argilosos, facilitando uma maior penetração do sistema radicular e aproveitamento de maior volume de água, resultando em acréscimo na produção por unidade de água evapotranspirada (Igue, 1984).

- **Efeitos biológicos**

A atividade e montante populacional dos microrganismos no solo estão diretamente relacionados com o volume de material orgânico

disponível, que constitui uma das principais fontes de energia para esses organismos.

O constante revolvimento da superfície do solo e a falta de cobertura vegetal no sistema convencional, tendem a provocar maiores oscilações, tanto térmicas como de umidade, contribuindo assim para uma diminuição das populações de organismos do solo (principalmente microrganismos). Pela maior concentração de resíduos e seus efeitos na superfície, o sistema de plantio direto tende a facilitar um incremento na vida biológica do solo. Isto foi relatado por Voss & Sidiras (1985) que encontraram maior e mais profunda distribuição de nódulos no sistema de plantio direto. A maior estabilidade na fixação do nitrogênio em plantio direto está relacionado com o fato de a planta e o simbiote estarem menos sujeitos à perdas d'água e à oscilações térmicas.

Os adubos verdes, através da formação de cobertura morta, e pelos seus efeitos físicos e químicos (alelopáticos) afetam qualitativa e quantitativamente distintas infestações de espécies invasoras.

Assim são conhecidos os feitos da aveia preta, centeio, azevém, ervilhacas, nabo forrageiro, espérgula, crotalária juncea, mucunas, guandu, milheto, sorgo, calopogônio, feijão de porco, etc. no controle de diferente espécies de plantas invasoras. Sendo importante o uso e manejo desses adubos verdes em rotação quando se pretende diminuir populações de algumas invasoras.

Também algumas espécies de plantas têm apresentado efeitos positivos no controle de doenças radiculares. A aveia, serradela, ervilhaca, tremoço, linho e colza foram promissoras em resultados obtidos no Rio Grande do Sul (Santos et al., 1987). Em locais onde é cultivado o trigo e apresentam problemas de mal-do-pé, a aveia preta quando cultivada em rotação, tem se mostrado bastante eficiente na diminuição das populações desse patógeno.

Resultados promissores também foram obtidos por vários produtores quando do uso de tremoço branco intercalado com aveia preta, diminuindo ou praticamente eliminando a presença de *Antracnose* sp. no tremoço (Manoel Pereira, Informação pessoal).

Vários trabalhos têm demonstrado que a prática da adubação verde pode se constituir num dos métodos mais valiosos e baratos no controle de nematóides, além dos inúmeros outros benefícios que proporciona, desde que se opte por espécies adequadas (Sharma et al., 1982; Santos & Ruano, 1987). Resultados obtidos por Kryzanowski & Calegari, 1998 (Dados não Publicados) mostram que também o capim anual Moha (*Setaria italica*) apresenta efeito favorável na diminuição de

populações de nematóides (principalmente *Meloidogyne incognita*). Também trabalhos de Kryzanowski mostram os efeitos favoráveis do uso na rotação de amendoim cavalo, aveia branca-IAC-7, guandu-anão, leucena, na diminuição das populações de nematóides.

RESULTADOS COM ADUBAÇÃO VERDE/ROTAÇÃO DE CULTURAS

Após determinado tempo no processo de recuperação, o solo alcança novamente o equilíbrio em suas propriedades, podendo dessa maneira novamente ser aproveitado no sistema produtivo. Com a utilização dos diferentes adubos verdes é possível quantificar o montante de um determinado nutriente reciclado e/ou fixado biologicamente pelas leguminosas, considerando a biomassa produzida e os nutrientes contidos no tecido foliar (Tabela 1).

Os valores apresentados demonstram o grande potencial que os distintos adubos verdes possuem em deixar no horizonte superficial dos solo variáveis quantidades de nutrientes que poderiam ser absorvidos pelas raízes dos cultivos posteriores. Além desses nutrientes, um dos mais importantes aportes das plantas são os compostos de carbono orgânico, ou seja a matéria orgânica, que será responsável, direta ou indiretamente pelas interações e reações químicas, físicas e biológicas no sistema solo-água-planta.

Inúmeros resultados de pesquisa e experiência de produtores têm demonstrado efeitos favoráveis e aumento no rendimento de soja, milho, algodão, feijão, cana-de-açúcar, mandioca, etc. com o emprego dos adubos verdes em rotação. Resultados obtidos em Pato Branco Sudoeste do Paraná com o cultivo de milho sobre resíduos de distintos adubos verdes mostram os efeitos favoráveis da rotação. Seguramente houve um conjunto de efeitos físicos/químicos/biológicos no solo e conseqüentemente demonstrando maiores rendiemntos em plantio direto que em convencional, e as leguminosas suprimdo grande parte do nitrogênio necessário ao milho (Tabela 2).

TABELA 1. Produção de matéria verde (M.V.), matéria seca (M.S.) e montante de nitrogênio, fósforo e potássio (% da M.S.) de algumas espécies.

ESPÉCIES	M.V. (t/ha)	M.S. (t/ha)	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
Aveia preta	15 - 40	2 - 11	0.70 - 1.68	0.14 - 0.42	1.08 - 3.08
Centeio	30 - 35	4 - 8	0.58 - 0.66	0.16 - 0.29	0.75 - 1.45
Ervilhaca peluda	20 - 37	3 - 5	2.51 - 4.36	0.25 - 0.41	2.41 - 4.26
ervilhaca comum	20 - 30	3 - 5	2.74 - 3.47	0.27 - 0.38	2.33 - 2.56
Ervilha forrageira	15 - 40	2.5 - 7	1.77 - 3.36	0.14 - 0.41	0.67 - 3.31
nabo forrageiro	20 - 65	3 - 9	0.92 - 1.37	0.18 - 0.33	2.02 - 2.65
Tremoço branco	30 - 40	3.5 - 5	1.22 - 1.97	0.25 - 0.29	1.00 - 1.77
Tremoço azul	25 - 40	3 - 6	0.85 - 2.15	0.12 - 0.29	1.36 - 1.49
aveia/ervilhaca	15 - 50	2 - 10.5	0.93 - 1.39	0.15 - 0.16	1.23 - 1.47
Milheto	11 - 90	3.5 - 21	0.34 - 1.46	0.13 - 0.29	1.05 - 3.12
Caupí	20 - 33	2.5 - 5.7	1.67 - 2.22	0.25 - 0.50	1.82 - 2.77
Girassol	20 - 46	4 - 8	1.08	0.21	2.64
Crotalaria juncea	15 - 35	2.5 - 8.5	1.42 - 1.65	0.19 - 0.21	0.96 - 1.38
mucuna cinza	10 - 25	2 - 5	1.56 - 2.43	0.46 - 0.57	1.00 - 1.55
guandu anão	10 - 22	2 - 6.5	1.02 - 2.04	0.21 - 0.28	0.92 - 1.47
milheto/caupí	19 - 40	3.5 - 10	0.61 - 0.82	0.13 - 0.17	1.08 - 1.12

Fuente: adaptado de Peñalva 1995 ; Calegari & Peñalva, 1994.

TABELA 2. Rendimento de grãos de milho AG-513 (14,5% Umid) após culturas de inverno. Estação Experimental de Pato Branco. Média de três repetições.

Culturas de inverno	Plantio Direto		Plantio Convencional	
	Dose (kg/N/ha)		Dose (kg/N/ha)	
	0	90	0	90
Ervilhaca comum	7.338	7.641	6.094	6.438
Ervilhaca peluda	6.883	7.344	5.608	5.775
Tremoço azul-lapar 24	6.872	6.419	5.916	6.302
Serradela	6.763	7.363	5.013	5.861
Chícharo	6.425	7.558	4.736	5.341
Nabo forrageiro	5.755	6.994	5.566	6.177
Espérgula	5.450	6.925	5.658	6.433
Trigo	5.000	5.988	4.769	5.330
Aveia preta	4.586	6.836	5.436	6.127
Pousio	4.441	5.991	4.827	5.938
Centeio	4.291	6.669	3.858	5.327
Azevém	4.283	6.980	5.719	6.025

FONTE: Calegari, lapar.

Como se pode verificar as ervilhacas, o tremçoço, a serradela, o chicharo, o nabo forrageiro e a espergula, antecedendo o milho no inverno em rotação com soja (em plantio direto ON) foram superiores ao rendimento do milho após pousio tanto em direto como em convencional mesmo com a aplicação de 90N (90 kilogramas de nitrogênio químico). Estes resultados são também alcançados por inúmeros produtores, principalmente do Sul do Brasil .

Baseando-se em resultados médios de várias safras obtidas por produtores do norte do Paraná (região de Maringá), Ferro (1995), citado por Calegari et al. (1998), avaliando uma propriedade de 50 ha constatou que a cultura da soja em rotação de culturas, adequadamente conduzida em plantio direto, pode promover um importante adicional de receita quando comparado ao sistema convencional (Tabela 3). Este trabalho mostra que a cultura da soja conduzida no sistema de plantio direto, incluindo adubação verde de inverno e rotação de culturas, é significativamente econômica e portanto rentável quando comparada à soja no sistema convencional e em monocultura.

TABELA 3. Adicional de receita numa lavoura de soja (50 ha) em plantio direto/rotação comparada ao convencional.

Vantagens do Sistema	Valores Observados (U\$)
Incremento de produtividade	3,960
Economia de manutenção	1,145
Economia de combustível	731
Economia de mão de obra	2,880
Economia com fertilizantes	186
TOTAL	8,902

Fonte: Calegari et al. (1998).

Estudos realizados na região de Ribeirão Preto-SP mostraram que os sojicultores e cotonicultores da região em estudo, utilizando rotação de cultura com milho e amendoim e adubação verde com mucuna preta, obtiveram mais do dobro dos retornos obtidos pelos produtores que pertencentes ao mesmo nível tecnológico, não adotaram a inovação. De acordo com os resultados, mesmo em condições adversas os produtores ainda obtiveram melhores resultados. Isto ocorreu em função de maiores ganhos na produtividade, redução do número de operações e

menor gasto com fertilizantes, inseticidas e fungicidas, redundando em significativos ganhos totais.

Os produtores que obtiveram benefícios em relação aos que não adotaram a inovação, se deu em função dos ganhos de rendimento, que variaram de 5% (algodão) a 45% (milho) e reduções nos custos de insumos, que foram de 3% (milho) e 25% (soja).

Experimentos de rotação de arroz e leguminosas em Goiás, mostraram que as produções da gramínea subsequente a leguminosas foram de 40 a 50% superiores, sendo ainda, sem adubação nitrogenada, tecnicamente viável e economicamente rentável .

CONCLUSÃO

Atualmente se tem buscado manejar os agroecossistemas no sentido de que sejam produtivos, competitivos e sustentáveis a longo prazo, assim faz-se necessário identificar sistemas que consigam integrar e contribuir para uma maior biodiversidade, diversificação na produção, equilibrado uso/reciclagem/ aproveitamento de nutrientes, e manutenção e/ou recuperação das características do solo (químicas, físicas e biológicas). Dessa forma, a integração das práticas, ordenadamente sistematizadas, permitem avanços não apenas na agricultura como um todo, como também nas condições socio-econômicas dos produtores rurais.

A melhoria dos processos de uso e manejo do solo, priorizando pela qualidade e manutenção da capacidade produtiva do mesmo, é um meio de viabilizar a manutenção da família na atividade agropecuária de forma sustentável e compatível tanto com os recursos naturais sob o ponto de vista de qualidade ambiental, quanto aos socio-econômicos nos aspectos de qualidade de vida dos agricultores.

A prática do cultivo de plantas de cobertura adequadamente conduzidos em rotação de culturas no SISTEMA PLANTIO DIRETO adaptados regionalmente permite uma melhor distribuição do trabalho durante todo o ano, resultando em economia de mão-de-obra, com a diminuição do emprego de arados, grades de discos, e o controle mecânico/químico das invasoras. Facilita dessa forma o planejamento e assim destinar mais tempo para outras atividades na propriedade, contribuindo para uma maior diversificação e atendimento das diferentes atividades na propriedade rural. Este sistema promove uma acentuada redução das perdas de solo, melhoria da fertilidade do solo por uma

maior reciclagem de nutrientes, maior diversidade biológica com consequente maior equilíbrio das propriedades do solo, aumento do rendimento dos cultivos, maior estabilidade de produção, além de possibilitar o racional e constante uso da terra, comprovando assim que é uma eficiente e eficaz forma de se produção contínua em **SISTEMAS SUSTENTÁVEIS**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M.B.B.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.
- CALEGARI, A.; PEÑALVA, M. **Abonos verdes: importância agroecológica y especies con potencial de uso en el Uruguay**. Canelones: MGAP (JUNAGRA) / GTZ, 1994. 172p.
- CALEGARI, A. **The effects of tillage and cover crops on some chemical properties of an Oxisol in South Western Paraná, Brazil**. 1995. Dissertation Thesis. University of Aberdeen, Department of Plant and Soil Science, Scotland, UK.
- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p.232-267.
- SANTOS, M.A.; RUANO, O. Reação de plantas usadas como adubos verdes a *Meloidogyne incognita* Raça 3 e *M. javanica*. **Nematologia brasileira**, 11:184-197,1987.
- SANTOS, H.P.; REIS, E.M.; P:ÖTTKER, D. **Rotação de culturas e produtividade do trigo no RS**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1987. 32p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 8).
- VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20(7):775-782, 1985.

CALEGARI, A.; DAROLT, M.R.; FERRO, M. Towards sustainable Agriculture with a no-tillage system. **Advances in GeoEcology**. 31: 1205-1209, 1998.

RESEARCH ON MINIMUM TILLAGE, COVER CROPS, AND FARMING SYSTEMS

(PESQUISA EM CULTIVO MÍNIMO, CULTURAS DE COBERTURA E
SISTEMAS DE PRODUÇÃO)

John R. Teasdale

USDA-ARS - Weed Science Laboratory
Beltsville, Maryland - USA

Relator: Fernando de Assis Paiva

O Dr. Teasdale iniciou sua apresentação explicando o que é o Beltsville Agricultural Research Center – BARC. Localizado no Estado de Maryland, em uma região de clima úmido, com um período livre de geadas de apenas 175 dias por ano. Para o cultivo das culturas de cobertura, há um período sujeito a geadas mas em que a temperatura não cai abaixo de -4°C . A precipitação pluviométrica é bem distribuída durante todo o ano, com uma elevação durante os meses de maio, junho e julho, que é a época em que as culturas comerciais estão no campo. As culturas de cobertura mais comumente usadas são a ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) e o trevo (*Trifolium incarnatum*).

As culturas de cobertura são importantes para os sistemas de cultivo mínimo porque influenciam, entre outras, as seguintes variáveis: temperatura do solo, umidade do solo, qualidade do solo, erosão e lixiviação, disponibilidade de nutrientes, estabelecimento das culturas, população de plantas daninhas e população de pragas. O aspecto mais importante e que deve ser bem entendido é a influência na umidade do solo. Devemos considerar dois aspectos:

1. Culturas de cobertura, quando vivas, diminuem a umidade do solo;
2. Resíduos dessecados de culturas de cobertura, na superfície do solo, retêm a umidade, pois aumentam a infiltração e reduzem a evaporação.

Em relação ao nitrogênio, as culturas de cobertura vivas usam o nutriente, imobilizando-o. Durante a decomposição, os resíduos podem

imobilizar o N, se a relação C/N for alta, ou suplementar o N para a cultura, se a relação C/N for baixa.

Quanto ao efeito sobre as plantas daninhas, o objetivo é substituir uma invasora difícil de ser manejada por uma cultura de cobertura de fácil manejo. As culturas de cobertura devem produzir massa suficiente para criar um ambiente desfavorável para a germinação e emergência das espécies de invasoras. Essa é a situação quando as culturas de cobertura são cultivadas e manejadas antes do plantio da cultura comercial. Outra situação é o cultivo de cultura de cobertura de baixa competição ao mesmo tempo que a cultura comercial. Nesse caso, estaremos afetando as plantas daninhas por competição. É preciso cuidar da competição da cultura de cobertura com a cultura comercial, especialmente por umidade, em anos mais secos.

Algumas características do controle de ervas por culturas de cobertura:

1. aumenta com o aumento da massa de resíduo;
2. é espacialmente desuniforme;
3. é específica para espécies de invasoras, sendo mais sensíveis as que têm sementes pequenas e requerem luz para a germinação;
4. diminui com a decomposição dos resíduos, portanto ajudam no controle no início da estação de cultivo mas não durante todo o ciclo da cultura.

O efeito sobre as plantas daninhas dá-se através de:

- a. manutenção da dormência das sementes, por reduzir as flutuações na temperatura e por reduzir a incidência de luz;
- b. alelopatia, pela liberação de compostos químicos no ambiente;
- c. Impedimento físico da emergência; e
- d. Redução da luz para as plântulas.

As propriedades mais importantes da cobertura morta, na supressão da emergência de invasoras, são o índice de área coberta ("mulch area index"), que leva em consideração a área coberta e o número de camadas a ser ultrapassadas pelas plântulas, e a fração de volume sólido, que é o volume ocupado pela cobertura.

Mostrou dados sobre o efeito da cobertura morta de ervilhaca peluda sobre diversos organismos em uma cultura de batata:

- redução de 83% na população de gramíneas;
- redução de 52% na severidade mancha de *Alternaria solani*;

- redução de 82% na população de um besouro - praga;
- aumento de 250% na população de joaninhas.

O efeito sobre outros insetos-praga e sobre nematóides é bastante complexo e nem sempre são encontrados efeitos tão dramáticos.

O assunto seguinte foi o uso de misturas de culturas de cobertura. A finalidade dessas misturas é o de aproveitar as melhores características de cada componente e assim compensar as deficiências no uso isolado de cada espécie. Assim, a mistura de centeio com trevo ou com ervilhaca, ou ainda a mistura das três, proporcionou aumento na produção de biomassa, quantidade de N/ha igual ou superior ao proporcionado por qualquer uma das leguminosas isoladamente e relação C/N bem mais baixa que a obtida pelo centeio sozinho.

Outro efeito é sobre a supressão de ervas daninhas: a mistura de trevo e centeio proporcionou melhor controle que o obtido por ervilhaca. As culturas de cobertura não são suficientes para o controle total de plantas daninhas.

A seguir, mostrou a área do projeto de demonstração de agricultura sustentável do BARC. Nessa área há quatro sistemas sendo demonstrados:

1. plantio direto, recomendado e em uso por muitos anos;
2. uso de cobertura viva ("Crownvetch");
3. uso de cultura de cobertura anual no inverno (cobertura morta); e
4. agricultura orgânica, baseada no uso de esterco.

Todos usam a rotação usual da região: milho no primeiro ano e trigo e soja no segundo. Com o uso de culturas de cobertura não é possível cultivar o trigo, portanto uma cultura comercial é sacrificada pelo uso da cultura de cobertura. Diversos efeitos foram mostrados na erosão, perdas de herbicida e N e produção de grãos.

Terminou a exposição falando sobre sistemas orgânicos de produção de milho, que têm por objetivos:

- a. manejo mecânico de plantas daninhas;
- b. diminuir preparo do solo;
- c. manter resíduos na superfície; e
- d. uso dos resíduos para suprir N e suprimir plantas daninhas.

Esse tipo de produção de milho deve fazer parte de um sistema de culturas que melhore a qualidade do solo, estimule a disponibilidade de nutrientes e reduza as populações de ervas e pragas.

A cultura de cobertura deve ser manejada (com herbicida ou mecanicamente) no florescimento, pois facilita sua eliminação, diminui a competição e aumenta seu efeito benéfico na produtividade.

Última informação: está em desenvolvimento um programa de melhoramento de ervilhaca peluda, visando obter genótipos com melhores características.

RELAÇÃO DE PARTICIPANTES

1. **Ademar Roque Zanatta**
Embrapa Negócios Tecnológicos
Escritório de Negócios de Dourados
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 425-5165
 E-mail: ademar@cpao.embrapa.br
2. **Ademir Calegari**
 IAPAR
 Caixa Postal 1331
 86001-970 - Londrina, PR
 Fone: (43) 376-2000
 E-mail: asoiapar@pr.gov.br
3. **Adilson Costa Silva**
 Sollo Rural
 Av. Marcelino Pires, 3575
 79830-001 - Dourados, MS
4. **Alexandre Hasegawa**
 Basf S.A.
 Rua Alberto Maxwell, 640
 79830-180 – Dourados, MS
 Fone: (67) 9971-4320
 Fax: (67) 421-1573
 E-mail: hasegawa@dou.zaz.com.br
5. **Alexsandro Daniel Manjabosco**
 Unigran
 Rua Cornélia de Souza, 1724
 79820-025 – Dourados, MS
 Fone: (67) 421-2084/9998-5168
 E-mail: manjabosco@bol.com.br
6. **Américo Sussumu Arakava**
 Produção Com. Repr. Agropec. Ltda.
 Av. Marcelino Pires, 2822
 79800-000 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 422-8137
7. **Amoacy Carvalho Fabricio**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: amoacy@cpao.embrapa.br
8. **André Bacelo**
 Basf S.A.
 Av. Major Amarante, 3843 – Ap. 13
 Caixa Postal 426
 78775-000 – Vilhena, RO
 Fone: (69) 9995-1244
 Fax: (69) 322-4222
 bacelo@basf-sa.com.br
9. **André Luiz Melhiorança**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: andre@cpao.embrapa.br
10. **Antônio Carlos Cubas**
 UFMS - Núcleo Experimental de
 Ciências Agrárias
 Caixa Postal 533
 79804-970 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 422-3888
 E-mail: acubas@ceud.ufms.br
11. **Antonio Carlos Mendes da Silva**
 Nitral Urbana
 Rua Bernardino Pisani, 81
 14076-340 - Ribeirão Preto, SP
 Fonefax: (16) 626-6812

12. **Antônio César Azenha**
Basf S.A.
Estrada Samuel Aizemberg, 1707
09851-550 – São Bernardo do
Campo, SP
Fone: (11) 751-2784
Fax: (11) 751-2432
E-mail: azenha@basf-sa.com.br
13. **Antonio de Pádua Cruz**
SN-Centro de Pesquisa e Promoção
de Sulfato de Amônio Ltda.
Av. Independência, 5-46
13416-220 – Piracicaba, SP
Fone: (19) 422-7336
14. **Antônio Joaquim Ribeiro Neto**
Sementes Stella
Alameda Leste, 300
79830-020 – Dourados, MS
Fone: (67) 424-4022 – Fax: (67)
424-2285
E-mail:
sementesstella@menthor.com.br
15. **Armindo Neivo Kichel**
Embrapa Gado de Corte
Caixa Postal 154/155
79106-000 – Campo Grande, MS
Fone: (67) 768-2000
Fax: (67) 763-4403
E-mail: armindo@cnpcc.embrapa.br
16. **Augusto Kioshi Teshima**
Empaer-MS
Rua Benjamin Constant, 938
79800-000 – Dourados, MS
Fone: (67) 422-4300
17. **Auro Akio Otsubo**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: auro@cpao.embrapa.br
18. **Avilio Antonio Franco**
Embrapa Agrobiologia
Caixa Postal 74505
23851-970 - Seropédica, RJ
Fone: (21) 682-1166
Fax: (21) 682-1230
E-mail: avilio@cnpab.embrapa.br
19. **Bruno Rodrigues Alves**
Embrapa Agrobiologia
Caixa Postal 74505
23851-970 - Seropédica, RJ
Fone: (21) 682-1166
Fax: (21) 682-1230
E-mail: bruno@cnpab.embrapa.br
20. **Carlos Ceretta**
UFSM - Campus Universitário
97105-900 - Santa Maria, RS
Fone: (55) 220-8256
Fax: (55) 220-8695
E-mail: ceretta@ccr.ufsm.br
21. **Carlos Rodrigues Flores**
Sindicato Rural de Dourados
Caixa Postal 185
79804-970 – Dourados, MS
Fonefax: (67) 424-5788
22. **Carlos Virgílio Silva Barbo**
UNIGRAN
Rua Balbina de Matos, 2121
79824-900 – Dourados, MS
Fone: (67) 422-5522
Fax: (67) 422-2267
E-mail: cbarbo@unigran.br
23. **Cezar Mendes da Silva**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: cezar@cpao.embrapa.br

24. **Clarice Zanoni Fontes**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: clarice@cpao.embrapa.br
25. **Claudio Lazzarotto**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: claudio@cpao.embrapa.br
26. **Clayton Giani Bortolini**
 Fundação Rio Verde
 Av. Mato Grosso, 97
 78455-000 – Lucas do Rio Verde,
 MT
 Fone: (65) 549-1398
 Fax: (65) 549-1161
 E-mail: fundario@zaz.com.br
27. **Clodoaldo de César**
 Sollo Rural
 Av. Marcelino Pires, 3575
 79830-001 – Dourados, MS
 Fone: (67) 424-6070
 Fax: (67) 424-4626
 E-mail: sollorural@zaz.com.br
28. **Crébio José Ávila**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: crebio@cpao.embrapa.br
29. **Dair Luiz Bigaton**
 Sementes Big
 Rua Major Capilé, 2729
 79800-000 – Dourados, MS
 Fone: (67) 421-5352
 Fax: (67) 422-9000
30. **Daniel Antonio da Silva**
 Empaer-MS
 Rua Benjamin Constant, 938
 79800-000 – Dourados, MS
 Fone: (67) 422-4300
31. **Dirceu Luiz Broch**
 Fundação MS
 Caixa Postal 105
 79150-000 - Maracaju, MS
 Fone: (67) agrosala@mju.zaz.com.br
32. **Eduardo Scarpari Spolidorio**
 SN-Centro de Pesquisa e Promoção
 de Sulfato de Amônio Ltda.
 Av. Independência, 5-46
 13416-220 – Piracicaba, SP
 Fone: (19) 422-7336
 E-mail:
 eduardo.spolidorio@merconet.com.br
33. **Euclides Maranhão**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: euclides@cpao.embrapa.br
34. **Fábio Martins Mercante**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: mercante@cpao.embrapa.br
35. **Fernando de Assis Paiva**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: paiva@cpao.embrapa.br

36. **Fernando Mendes Lamas**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: lamas@cpao.embrapa.br
37. **Francisco Marques Fernandes**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: fmarques@cpao.embrapa.br
38. **Gilmor Segatto**
 Pampa Projetos Agropecuários
 Av. Marcelino Pires, 1740 – Sala 24
 79801-002 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 421-6329
 E-mail: pampa.dou@zaz.com.br
39. **Gilson Domingos do Mar**
 Via Campus
 Rua Ediberto C. de Oliveira, 3145
 79826-170 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 422-3711
 E-mail: G-vendas@zaz.com.br
40. **Hélcio Gil Santos Júnior**
 HJR Embriões
 Rua Onofre Pereira de Matos, 2420
 79802-011 – Dourados, MS
 Fone: (67) 9971-1122
 E-mail: hjremb@zipmail.com.br
41. **Huberto Noroeste dos S. Paschoalick**
*Embrapa Negócios Tecnológicos –
 Escritório de Negócios de Dourados*
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 425-5165
 E-mail: huberto@cpao.embrapa.br
42. **Igor Rodrigues André**
 Rua Redentor, 380
 79750-000 – Nova Andradina, MS
 Fone: (67) 441-1069
43. **Issao Iguma Filho**
 Sindicato Rural de Dourados
 Rua Valério Fabiano, 100
 79800-000 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 424-5788
44. **Jasp Pedroso Junior**
 Basf S.A.
 Rua Ivinhema, 160
 79823-140 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 423-3050
 E-mail: junijasp@basf-sa.com.br
45. **João Carlos Heckler**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: heckler@cpao.embrapa.br
46. **John R. Teasdale**
 USDA-ARS Weed Science Lab
 Bldg. 001 Room 323
 Beltsville, MD 20705
 Phone: 301-504-5504
 Fax: 301-504-6491
 E-mail: teasdale@arsr.arsusda.gov
47. **José Mauro Kruker**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: kruker@cpao.embrapa.br
48. **José Oscar Novelino**
 UFMS - Núcleo Experimental de
 Ciências Agrárias
 Caixa Postal 533
 79804-970 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 422-3888
 E-mail: jnovel@ceud.ufms.br

49. **Josué Assunção Flores**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: josue@cpao.embrapa.br
50. **Júlio Cesar Salton**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: salton@cpao.embrapa.br
51. **Luís Armando Zago Machado**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: zago@cpao.embrapa.br
52. **Luís Carlos Hernani**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: hernani@cpao.embrapa.br
53. **Luís Carlos Vila Verde**
Mato Verde Comércio e
Representações Ltda.
Av. Joaquim Teixeira Alves, 1150
79801-010 – Dourados, MS
Fonefax: (67) 421-1457
E-mail: matoverde@zaz.com.br
54. **Luiz Alberto Staut**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: staut@cpao.embrapa.br
55. **Luiz Carlos Ferreira de Souza**
UFMS - Núcleo Experimental de
Ciências Agrárias
Caixa Postal 533
79804-970 – Dourados, MS
Fonefax: (67) 422-3888
E-mail: lcsouza@ceud.ufms.br
56. **Manuel Claudio Motta Macedo**
Embrapa Gado de Corte
Caixa Postal 154/155
79106-000 – Campo Grande, MS
Fone: (67) 768-2000
Fax: (67) 763-4403
E-mail: macedo@cnpqc.embrapa.br
57. **Mariangela Hungria**
Embrapa Soja
Caixa Postal 231
86001-970 - Londrina, PR
Fone: (43) 371-6000
Fax: (43) 371-6100
E-mail: hungria@cnpso.embrapa.br
58. **Mário Artemio Urchei**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: urchei@cpao.embrapa.br
59. **Otávio Vieira de Melo**
Projeporã Ltda.
Rua Francisco Leal de Queiroz, 606
79890-000 – Itaporã, MS
Fone: (67) 451-1315
Fax: (67) 451-1241
E-mail: projepora@dou.zaz.com.br
60. **Paulo Gervini Sousa**
Embrapa Agropecuária Oeste
Caixa Postal 661
79804-970 – Dourados, MS
Fone: (67) 425-5122
Fax: (67) 425-0811
E-mail: gervini@cpao.embrapa.br

61. **Raul Martinez Lalis**
 1) Basf S.A..
 Estrada Samuel Aizemberg, 1707
 09851-550 – São Bernardo do
 Campo, SP
 Fone: (11) 751-2784
 Fax: (11) 751-2432
 E-mail: rml@datamarkets.com.ar
 2) Liphatech (Nitragin)
 Rua Perú, 345 – Piso 4º “C”
 1067 Buenos Aires, Argentina
 Fone: (00xx5411) 4343-9064 –
 Fax: (00xx5411) 4343-5843
62. **Ricardo Serpa**
 Nitral Urbana
 Rua Rio Piquiri, 650
 83322-010 – Pinhais, PR
 Fone: (41) 667-3456
 Fax: (41) 667-1505
 E-mail: marcio@nitralurbana.com.br
63. **Robert Boddey**
Embrapa Agrobiologia
 Caixa Postal 74505
 23851-970 - Seropédica, RJ
 Fone: (21) 682-1166
 Fax: (21) 682-1230
 E-mail: bob@cnpab.embrapa.br
64. **Rosa Maria Schunke**
Embrapa Gado de Corte
 Caixa Postal 154/155
 79106-000 – Campo Grande, MS
 Fone: (67) 768-2000
 Fax: (67) 763-4403
 E-mail: roza@cnpqc.embrapa.br
65. **Salvador Augusto Maciel Ribeiro**
*Embrapa Negócios Tecnológicos –
 Escritório de Negócios de Dourados*
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fonefax: (67) 425-5165
 E-mail: salvador@cpao.embrapa.br
66. **Sidenei Tambosi**
 Fazenda Remanso
 Caixa Postal 20
 79130-000 – Rio Brilhante, MS
 Fonefax: (67) 672-3061
 E-mail: remansoriobrilhante@com.br
67. **Tiago Morini Leal**
Embrapa Gado de Corte
 Rua 14 de julho, 5147 – D-5 –
 Ap.24
 79011-470 Campo Grande, MS
68. **Walmor Romeiro Saldanha**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: saldanha@cpao.embrapa.br
69. **William Marra Silva**
Embrapa Agropecuária Oeste
 Caixa Postal 661
 79804-970 – Dourados, MS
 Fone: (67) 425-5122
 Fax: (67) 425-0811
 E-mail: william@cpao.embrapa.br



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste
BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó
Caixa Postal 661 - 79804-970 Dourados, MS
Telefone (67) 425-5122 Fax (67) 425-0811
www.cpao.embrapa.br

Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia
Rod. BR 465, km 47
Caixa Postal 74.505 - 23851-970 Seropédica, RJ
Telefone (21) 682-1500 Fax (21) 682-1230
www.cnpab.embrapa.br

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E DO ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil