



INFORME AGROPECUARIO

v. 39, n. 302, 2018

ISSN 0100-3364

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Governo de Minas Gerais



INFORME AGROPECUARIO



Sistema Plantio Direto no Cerrado

INFORME AGROPECUARIO



WWW.
expocafe
.com.br

EXP CAFÉ 2019

○ **AROMA** inconfundível
de **BONS NEGÓCIOS**

Venha participar da maior feira
da cafeicultura nacional.

Cursos, dinâmicas de campo, novidades
em máquinas e equipamentos, tecnologias
para produção e muito mais!

14 DE MAIO

10° Simpósio de Mecanização
da Lavoura Cafeeira

15 a 17 DE MAIO

Expocafé - de 08 às 18 horas

Informações

- **Coordenação:** (31) 3489-5057
- **Comercialização:** (31) 3379-4983
 - **Imprensa:** (31) 3489-5023
- facebook.com/expocafeoficial

Realização e organização



Campo Experimental da EPAMIG
Rod. MG 167 - Km 6 - Três Pontas - MG

INFORME
AGROPECUARIO



INFORME
AGROPECUARIO



Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v. 39, n. 302, 2018

Belo Horizonte, MG

Sumário

EDITORIAL	3
ENTREVISTA	4
Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária <i>José Luiz Rodrigues Torres, Renato Lara de Assis e Arcângelo Loss</i>	7
Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Alex Teixeira Andrade, José Luiz Rodrigues Torres, José Mauro Valente Paes, Cícero Monti Teixeira e Aurinelza Batista Teixeira Condé</i>	18
Rotação e sucessão de culturas: formação de palha para o Sistema Plantio Direto de Qualidade no Cerrado <i>Fábio Luiz Checchio Mingotte e Leandro Borges Lemos</i>	28
Sustentabilidade e Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Flávio Jesus Wruck, Sílvio Túlio Spera, Julio Cesar Franchini dos Santos e Júlio Cesar Salton</i>	42
Cultivo do milho em Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>José Mauro Valente Paes, Cícero Monti Teixeira e Alex Teixeira Andrade</i>	55
Cultivo do trigo no Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Maurício Antônio de Oliveira Coelho</i>	62
Cultivo da soja no Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>José Mauro Valente Paes, Alex Teixeira Andrade, Cícero Monti Teixeira, Dionísio Luiz Pisa Gazziero, Alexandre Magno Brighenti dos Santos e Roberto Kazuhiko Zito</i>	68
Cultivo de feijão em Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Silvino Guimarães Moreira, Damiany Pádua Oliveira, Carlos Alberto Silva, Michele Duarte Menezes, Douglas Ramos Guelfi Silva, Élberis Pereira Botrel, Alfredo Scheid Lopes, Messias José Bastos de Andrade</i>	77
Arroz de terras altas em Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Mabio Chrisley Lacerda e Adriano Stephan Nascente</i>	89
Cultivo do sorgo granífero em Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Carlos Juliano Brant Albuquerque</i>	99
Pragas no Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Crébio José Ávila e Lúcia Madalena Vivan</i>	107
Manejo de doenças no Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Dulândula Silva Miguel Wruck e Luiz Gonzaga Chitarra</i>	112
Manejo de nematoides em Sistema Plantio Direto no Cerrado <i>Luciany Favoreto e Maurício Conrado Meyer</i>	116

Apresentação

A adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) pelos produtores brasileiros, a partir da década de 1970, é considerada um marco no que se refere à conservação e à preservação dos solos no País. Esta adoção vem crescendo exponencialmente até os dias atuais e estabilizou-se em, aproximadamente, 32 milhões de hectares, em todas as regiões brasileiras. Vários desafios foram enfrentados e vencidos ao longo desses anos, outros vêm surgindo a cada momento e têm preocupado a comunidade científica, técnicos e produtores que utilizam o sistema.

Dentre estes desafios, o principal tem sido o abandono de alguns princípios básicos, como deixar de lado as boas práticas que formam a base do SPD, principalmente a rotação de culturas e a manutenção de uma cobertura permanente sobre a superfície do solo com resíduos culturais. Destacam-se, ainda, o uso excessivo do glifosato, a compactação superficial, a descontinuidade do SPD, as plantas daninhas resistentes aos produtos utilizados, o financiamento agrícola e a assistência técnica.

Em termos de modernização da agricultura brasileira, a utilização do SPD no Cerrado é uma realidade inquestionável. As culturas são fundamentais em programas de rotação de culturas em SPD, por proporcionar grande produção de fitomassa. A sustentabilidade de um sistema de produção não está apoiada apenas em aspectos de conservação e preservação ambiental, mas também em aspectos econômicos e comerciais.

Esta edição do Informe Agropecuário mostra a importância da adoção do SPD no Cerrado, pelos produtores brasileiros, na manutenção da fertilidade do solo, no manejo de pragas, doenças e plantas daninhas em culturas anuais de grande importância econômica, na integração lavoura-pecuária associada às exigências climáticas, que são imprescindíveis para a sustentabilidade desse sistema no Cerrado.

*José Mauro Valente Paes
Alex Teixeira Andrade*

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 39	n. 302	p. 1-120	2018
----------------------	----------------	-------	--------	----------	------



© 1977 Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

CONSELHO DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Rui da Silva Verneque

Trazilbo José de Paula Júnior

Marcelo Abreu Lanza

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Beatriz Cordenonsi Lopes

COMISSÃO EDITORIAL DE PUBLICAÇÕES E INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

Trazilbo José de Paula Júnior

Beatriz Cordenonsi Lopes

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Marcelo Abreu Lanza

EDITORES TÉCNICOS

José Mauro Valente Paes (EPAMIG Sudeste) e Alex Teixeira Andrade (EPAMIG Oeste)

CONSULTORES TÉCNICOS

Marcelo Abreu Lanza e Fúlvio Rodriguez Simão (EPAMIG Sede)

PRODUÇÃO

DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA

EDITORA-CHEFE

Vânia Lúcia Alves Lacerda

DIVISÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL

Fabriciano Chaves Amaral

REVISÃO LINGUÍSTICA E GRÁFICA

Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. R. Battista Pereira

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes

PRODUÇÃO E ARTE

Diagramação/formatação: Ângela Batista P. Carvalho, Ester Barbosa Santana (estagiária), Fabriciano Chaves Amaral e Maria Alice Vieira

Coordenação de Produção Gráfica

Ângela Batista P. Carvalho

Capa: Ângela Batista P. Carvalho

Foto: Júlio Cesar Salton (Lavoura de algodão - Diamantino, MT)

Contato - Produção da revista

(31) 3489-5075 - dpit@epamig.br

Impressão: EGL Editores Gráficos Ltda.

Circulação: novembro 2018

Informe Agropecuário é uma publicação trimestral da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

ERRATA PARA REVISTA IMPRESSA

INFORME AGROPECUÁRIO. Arroz: do campo à mesa. Belo Horizonte: EPAMIG, v.39, n.301, 2018. p.2.

Folha	Linha	Onde se lê	Leia-se
2	15-16 (coluna 1)	Plínio César Soares (EPAMIG Sudeste) e Moisés de Sousa Reis (EPAMIG Sul)	Plínio César Soares (EPAMIG Sudeste), Moisés de Sousa Reis (EPAMIG Sul) e Adriano Pereira de Castro (EMBRAPA Arroz e Feijão)

AQUISIÇÃO DE EXEMPLARES

Divisão de Negócios Tecnológicos

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

www.informeagropecuario.com.br; www.epamig.br

(31) 3489-5002 - publicacao@epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

DIFUSÃO INTERINSTITUCIONAL

Dorotéia Resende de Moraes e Maria Lúcia de Melo Silveira

Biblioteca Professor Octávio de Almeida Drumond

(31) 3489-5073 - biblioteca@epamig.br - EPAMIG Sede

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 -
v.: il.

Bimestral - até 2017, Trimestral - 2018
Cont.deInforme Agropecuário: conjuntura e estatística. -
v.1, n.1 - (abr.1975).
ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS



Governo do Estado de Minas Gerais
Fernando Damata Pimentel
Governador

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Amarildo José Brumano Kalil (em exercício)
Secretário



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Conselho de Administração

Amarildo José Brumano Kalil
Rui da Silva Verneque
Maurício Antonio Lopes
Antônio Nilson Rocha
Glênio Martins de Lima Mariano
Neivaldo de Lima Virgílio
Maria Lélia Rodriguez Simão
Marco Antonio Viana Leite

Suplentes

Ligia Maria Alves Pereira
Guilherme Henrique de Azevedo Machado
João Ricardo Albanez
Reginério Soares Faria

Conselho Fiscal

Márcio Maia de Castro
Livia Maria Siqueira Fernandes
Amarildo José Brumano Kalil

Suplentes

Marcílio de Sousa Magalhães
Pedro Dangelo Ribeiro

Presidência

Rui da Silva Verneque

Diretoria de Operações Técnicas

Trazilbo José de Paula Júnior

Diretoria de Administração e Finanças

Guilherme Henrique de Azevedo Machado

Gabinete da Presidência

Maria Lélia Rodriguez Simão

Assessoria de Assuntos Estratégicos

Beatriz Cordenonsi Lopes

Assessoria de Comunicação

Fernanda Nívea Marques Fabrino

Assessoria de Contratos e Convênios

Eliana Helena Maria Pires

Assessoria de Informática

Gilberto Stoduto de Melo

Assessoria Jurídica

Valdir Mendes Rodrigues Filho

Assessoria de Negócios Agropecuários

Mauro Lúcio de Rezende

Auditoria Interna

Lúcio Rogério Ramos

Departamento de Gestão de Pessoas

Marcelo Ribeiro Gonçalves

Departamento de Informação Tecnológica

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Departamento de Infraestrutura e Logística

Ricardo Alves de Oliveira

Departamento de Inovação, Negócios Tecnológicos e

Suporte Jurídico à Pesquisa

Thales Santos Terra

Departamento de Orçamento e Finanças

Patrícia França Teixeira

Departamento de Pesquisa

Beatriz Cordenonsi Lopes

Departamento de Suprimentos

Mauro Lúcio de Rezende

Instituto de Laticínios Cândido Tostes

Claudio Furtado Soares

Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

EPAMIG Sul

Rogério Antônio Silva e Marcelo Pimenta Freire

EPAMIG Norte

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

EPAMIG Sudeste

Marcelo de Freitas Ribeiro e Adriano de Castro Antônio

EPAMIG Centro-Oeste

Marinalva Woods Pedrosa e Waldênia Almeida Lapa Diniz

EPAMIG Oeste

Daniel Angelucci de Amorim e Irenilda de Almeida

Evolução do Sistema Plantio Direto no Cerrado

Em estudo realizado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), em 60 países, revelou-se que mais de 30% dos solos do mundo estão degradados ou empobrecidos. O excessivo revolvimento mecânico do solo intensificou os processos de erosão hídrica e eólica em todas as áreas agrícolas do mundo, causando perda de solo e de nutrientes. Por meio desse estudo concluiu-se que a alta porcentagem de degradação e de empobrecimento dos solos pode ocasionar situações críticas às próximas gerações, especialmente em áreas mais carentes.

No Brasil, cerca de 80% das áreas de pastagens formadas apresentam algum nível de degradação e de empobrecimento dos solos, causado pelo processo evolutivo da perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural das pastagens, para sustentar os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais. Além disso, grandes culturas, como soja, trigo e milho, são cultivadas no Cerrado, que tem como principais desafios, a conservação do solo e da água e a necessidade de aumento e conservação dos níveis de matéria orgânica.

Diante deste cenário, o Sistema Plantio Direto (SPD) constitui alternativa viável para o enfrentamento desses desafios, tendo como característica a produção sustentável. O SPD é um tipo de manejo do solo que possibilita diversos benefícios ambientais, aumenta os teores de matéria orgânica e a atividade biológica do solo. Além disso, reduz as oscilações de temperatura, diminui a erosão laminar, bem como o carreamento de fertilizantes e agrotóxicos para os mananciais, reduz a densidade populacional de plantas daninhas e possibilita maior conservação do solo.

O SPD, implantado no Brasil na década de 1970, evoluiu e provou sua eficiência, por meio da redução das perdas de água e de solo por erosão e aumento na produtividade. Atualmente, a área de grãos estimada com a tecnologia é de 32 milhões de hectares.

Esta edição do Informe Agropecuário apresenta a evolução do SPD no Brasil dentro do bioma Cerrado e as inovações deste complexo sistema, apropriado às regiões de clima subtropical e tropical, visando uma produção agrícola cada vez mais sustentável.

Rui da Silva Verneque
Presidência da EPAMIG



Sistema Plantio Direto no Cerrado: inovação e sustentabilidade



O engenheiro agrônomo João Carlos de Moraes Sá é graduado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), com mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), e doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), e The Ohio State University pelo programa Sanduiche. Atualmente é professor associado do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) e Bolsista de Produtividade em Pesquisa pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). É autor de diversos artigos com ênfase no Sistema Plantio Direto (SPD). É coordenador e consultor científico do convênio de cooperação entre a UEPG e o Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento (CIRAD) sobre o sequestro de carbono em sistemas de produção em plantio direto. Exerce também o cargo de presidente da Comissão Técnico-Científica da Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (Febrapdp).

IA - Como se deu a evolução do SPD no Cerrado no Brasil desde a implantação?

João Carlos de Moraes Sá - No início da década de 1970 a iniciativa em adotar um sistema de manejo do solo que controlasse a erosão foi de um agricultor de Rolândia do Norte do Paraná (Sr. Herbert Bartz, em 1972), e essa bem-sucedida experiência logo foi seguida por outros pioneiros (Sr. Nonô Pereira, Palmeira, PR; e Sr. Franke Dijkstra, Carambeí, PR), em 1976. Até 1980 a expansão da área em plantio direto era de 0,13 milhão de ha (Mha), cuja taxa anual de 0,014 Mha ocorreu principalmen-

te na Região Sul. Em 1990 aumentou para 0,9 Mha (0,081 Mha/ano) e, no ano 2000, teve expressiva expansão saltando para 14,0 Mha (1,64 Mha/ano). A superfície duplicou em 2010 para 30,3 Mha (1,51 Mha/ano) e, em 2016/2017, atingiu 36,8 Mha. Na região dos Cerrados, a partir de 1990, ocorreu um incremento expressivo e, atualmente, atinge cerca de 50% da superfície em plantio direto.

IA - Como o SPD inovou a agricultura no Brasil? Quais os principais benefícios e o impacto social, econômico e ambiental do SPD?

João Carlos de Moraes Sá - A principal inovação foi a verticalização da produção de grãos, gerando uma enorme cadeia de negócios no setor agrícola. A intenção inicial dos produtores pioneiros foi controlar a erosão hídrica pelo não revolvimento do solo, pela adoção da cobertura do solo e da rotação de culturas (os princípios do plantio direto). Essa iniciativa resultou na preservação dos solos e, com o passar do tempo, proporcionou maior potencial de produção. Por exemplo, na Região Sul, o avanço inicial foi proporcionar a semeadura da cultura de soja imediatamente após a colheita do trigo e,



na região Centro-Oeste, o plantio do milho safrinha após a colheita da soja sem intervalo. A eliminação do preparo do solo nas épocas críticas de elevada pluviosidade e a semeadura nas melhores datas resultaram no aumento da produção. Posteriormente, surgiram as opções de plantas de cobertura e inúmeras combinações para compor a rotação de culturas na região subtropical e tropical. Além disso, impulsionou a cadeia de negócios, gerando mais tecnologia na indústria de máquinas (semeadoras, colhedoras e equipamentos em geral), agroquímicos, fertilizantes, serviços, desenvolvimento de logística e infraestrutura, para o processamento e armazenamento das culturas em expansão. Em resposta a esses benefícios, o aumento da produção total de grãos em 2017 (237,7 milhões de toneladas) foi 5,1 vezes superior à produção registrada em 1977 (46,9 milhões de toneladas), e a expansão da área agrícola (37,3 Mha em 1977 e 80,9 Mha em 2017) teve um avanço de apenas de 1,6 vezes. A expansão da área sob SPD no Brasil (principalmente a partir de 1990) teve um papel preponderante no aumento da produção agrícola, amenizando, assim, o incremento na abertura de novas áreas. Do ponto de vista social, o avanço do SPD estimulou a qualificação da mão de obra para atender às demandas dos produtores lá na fazenda, no desenvolvimento da área industrial (máquinas, equipamentos etc.), nos serviços e na assistência técnica. O resultado desses ganhos contribuiu para minimizar o impacto ambiental, promovendo a verticalização da agricultura. Os benefícios dentre estes foram a redução tanto na quantidade de sedimentos oriundos da erosão hídrica que assoreavam os rios quanto na contaminação dos mananciais. Do ponto de vista ambien-

tal, o avanço do conhecimento sobre a dinâmica da matéria orgânica (MO) e suas relações com os atributos do solo confirma que o SPD é uma alternativa importante para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEEs) provocados pelo segmento agrícola. Estima-se que o potencial de mitigação no Brasil, em decorrência do SPD associado a práticas de agricultura de baixo carbono sobre as emissões pela mudança de uso da terra, pode atingir cerca de 25,4%.

IA - *Quais os principais desafios do SPD no Cerrado na atualidade?*

João Carlos de Moraes Sá - Estão associados à adoção e à consolidação de tecnologias que tiveram sucesso em várias fazendas com elevada performance. Por exemplo, é bem conhecido que a taxa de decomposição da palha nessa região é elevada e a sucessão soja-milho safrinha (muito usada) não consegue manter o solo coberto o ano todo. Isso compromete o equilíbrio da MO resultando, em inúmeras vezes, na compactação do solo. É fundamental o produtor implantar um sistema de produção pensando em fechar a janela entre a estação chuvosa e a estação seca, ou seja, após a colheita da cultura principal (em geral, a soja), deve-se introduzir a segunda safra junto com outra cultura para produção de palha e compensar as perdas pelo cultivo de menor adição, como a soja. A combinação milho+braquiária é uma ótima alternativa, embora haja outras tão boas ou melhores. Estudos publicados em 2015 para a região dos Cerrados indicam que há necessidade de cerca de 13 t de palha para manter o balanço de carbono zero (neutro), e cerca de 16 a 18 t/ha/ano para acumular carbono no solo que proporcione maior estabilidade ao sistema

e supere os impactos de períodos de veranico mais prolongados. Outra questão é o manejo da fertilidade do solo visando à construção do perfil adequado ao desenvolvimento radicular e possibilitando maior capacidade em absorver água e nutrientes. Dessa forma evitaria a vulnerabilidade dos cultivos principais aos anos secos e proporcionaria elevada performance das culturas nos anos com melhor distribuição de chuvas. Além dessas, há o desafio em adotar a adubação do sistema, considerando-se que o solo coberto minimiza as perdas de nutrientes e permite maior ciclagem destes para serem aproveitados durante o ciclo de desenvolvimento das culturas. Assim, é possível pensar em fertilizar a cultura para cobertura do solo (exemplo: milheto, braquiária, sorgo forrageiro, etc.) usando-a como veículo de reciclagem de nutrientes para os cultivos sucessores. Essa estratégia simula o que ocorre em solos sob vegetação nativa, a qual se nutre com a ciclagem dos nutrientes das plantas que estão em decomposição. Adicionalmente, a visão da intensificação do sistema de produção com elevada adição de palhada proporcionará menor incidência de plantas daninhas e estimulará maior diversificação da microbiota do solo amenizando os problemas de doenças.

IA - *As mudanças climáticas constituem um desafio ao SPD no Cerrado?*

João Carlos de Moraes Sá - O impacto das mudanças climáticas na agricultura da região dos Cerrados será exacerbar os eventos climáticos contrastantes, ou seja, anos com períodos prolongados de veranico e anos com excesso de chuvas. Entretanto, é nos anos secos em que ocorre



a queda mais acentuada na produção. É comum ouvir dos agricultores que estamos tendo muitos anos com clima atípico. Na realidade, o que estamos vivendo na agricultura é que quase todos os anos são atípicos, aumentando o risco de frustração de safras, com prejuízos impactantes pelo aumento nos custos de produção. Dessa forma, será importantíssimo o produtor planejar seu negócio, visando um sistema de produção que minimize esses riscos. Por exemplo, em anos com previsão de excedente de chuvas para os cultivos de verão, é oportuno investir em culturas de cobertura que tenham um sistema radicular robusto e vigoroso para explorar o perfil e com elevada capacidade de produção de biomassa da parte aérea para estimular maior infiltração e maior retenção de água ao mesmo tempo.

IA - Qual a contribuição da pesquisa para a mudança do sistema convencional para o SPD no Cerrado?

João Carlos de Moraes Sá - Embora tenha sido lento o desenvolvimento do SPD na fase inicial, a participação dos agricultores pioneiros e outros foi decisiva para estimular a comunidade científica em implantar experimentos para elucidar as dúvidas apresentadas na época. O controle da erosão hídrica e as alterações em atributos físicos do solo foram os temas de destaque na década dos 1970. Nas décadas de 1980, 1990 e 2000 o avanço do SPD teve grande suporte da pesquisa com o entendimento do papel da microbiota do solo na ciclagem dos nutrientes e nas transformações dos resíduos culturais para recompor a MO do solo. Posteriormente, o aprofundamento sobre a dinâmica da MO do solo e suas relações com os me-

canismos e processos de agregação, acúmulo de carbono e os sistemas de rotação de culturas, consolidou o caráter conservacionista do SPD. O avanço no manejo da acidez do solo, da aplicação do calcário em superfície e do uso de gesso foi importante na consolidação do SPD. Além disso, as discussões sobre as causas e consequências da compactação ascenderam a luz amarela sobre a condução adequada do SPD, e as contribuições de inúmeros pesquisadores elucidaram os pontos causadores do colapso do Sistema pelas restrições que a compactação pode causar no desenvolvimento radicular dos cultivos e na redução da produção. Entre 1973 e 2018 foram publicados cerca de 11.538 artigos sobre o assunto plantio direto nos principais periódicos do mundo. Os periódicos que mais tiveram artigos publicados foram: Soil and Tillage Research (1.063 artigos), Soil Science Society of America Journal (560), Revista Brasileira de Ciência do Solo (525), Agronomy Journal (524) e Pesquisa Agropecuária Brasileira (300). A participação de pesquisadores da área de Ciência do Solo na qualidade de palestrantes nos Encontros Nacionais de Plantio Direto, desde 2006 até o momento, foi de 70 pesquisadores (30%), atestando o quanto isso foi importante na consolidação e evolução do SPD.

IA - Os princípios básicos do SPD são seguidos pelos agricultores? E como tem sido a atuação da assistência técnica?

João Carlos de Moraes Sá - A porcentagem das fazendas que utilizam os três princípios básicos (ausência de revolvimento do solo – restrito apenas a linha de semeadura; cobertura permanente do solo – resíduos culturais ou plantas vivas; diversi-

ficção de cultivos que compõem a rotação de culturas) que asseguram o plantio direto como um sistema é ainda em minoria. Estima-se que apenas 10% a 15% das fazendas em plantio direto adotam esses princípios em conjunto. Há uma enorme variação de sistemas de produção em decorrência da diversidade dos biomas, cujos solos e regime pluviométrico contrastam entre si. Nesse contexto, destaca-se a importância da assistência técnica qualificada para reverter essa situação. Nesse quesito há um caminho enorme a percorrer na preparação de engenheiros-agrônomo bem habilitados para enfrentar as distintas situações de campo. Se não estou enganado, há apenas seis cursos de agronomia em universidades no Brasil que possuem a disciplina Plantio Direto como obrigatória em sua grade curricular. Esse assunto é de suma importância e irá demandar muito esforço uma vez que anualmente se graduam mais de 7 mil engenheiros-agrônomo no Brasil.

IA - Em sua opinião, qual o futuro do SPD no Cerrado?

João Carlos de Moraes Sá - O Cerrado é a região do Brasil onde há mais condições para a adoção de sistemas integrados de produção, possibilitando obter grãos, carne e madeira em uma mesma área. É o topo da verticalização da produção agropecuária com o viés conservacionista. A superfície das fazendas aliada ao relevo mais plano permite a implementação de sistemas mecanizados de alta performance com elevada capacidade de preservação ambiental.

■ Por Vânia Lacerda



Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária

José Luiz Rodrigues Torres¹, Renato Lara de Assis², Arcângelo Loss³

Resumo - A degradação das pastagens tornou-se um dos principais sinais da baixa sustentabilidade da pecuária nas diferentes regiões brasileiras, sendo que o manejo inadequado do rebanho e do solo, normalmente, tem sido a principal causa dessa degradação. Na busca de equalizar e tornar viável a recuperação dessas áreas degradadas, o sistema integrado de produção com a lavoura-pecuária mostrou ser a solução tecnológica mais eficiente para atender à necessidade técnica dos processos. Apesar dos diferentes enfoques, os benefícios da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) têm sido associados invariavelmente à redução de custos, ao aumento da eficiência do uso da terra, à melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, à redução de pragas e doenças, ao aumento de liquidez e de renda da propriedade. A sustentabilidade do setor agropecuário está associada à evolução do sistema de produção que vem ocorrendo, que saiu de um sistema convencional, passou pelo Barreirão, Santa Fé e chegou ao ILP conduzido em Sistema Plantio Direto (SPD). Este processo evolutivo trouxe resultados econômicos melhores para a pecuária e a agricultura, quando comparado com a prática dessas atividades isoladas. Comprovou-se que a entrada do componente animal no sistema não causou problemas para a produção de grãos, pois não há prejuízos aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, quando mantida a carga animal adequada.

Palavras-chave: Sistema integrado. Recuperação de pastagem. Conservação. Produção animal. Rendimento.

Evolution of agricultural production systems in the Cerrado: conventional, Barreirão, Santa Fé and Crop Livestock Integration

Abstract - Pastures degradation became one of the main signs of low sustainability of livestock farming in different Brazilian regions. Inadequate animal and soil management usually is the main cause of this degradation. It has been proved that the integrated crop-livestock production system (ICL) is the most efficient strategy for the revitalization of degraded areas. Despite the different approaches, the benefits of the ICL have invariably been associated to reduction of costs, efficiency of land using, improvement of physical, chemical and biological attributes of soil, reduction of pests and diseases and increase of property liquidity and income. The sustainability of the agricultural sector is associated with the development of the current production system that generally began as a conventional system and changed to the systems "Barreirão", "Santa Fé" and finally to the ICL conducted in no-tillage system (NTS). This sequence of systems resulted in best economic results compared to the systems separately. The inclusion of the animal component in the system does not affect the grain production, because there is no damage to the physical, chemical and biological attributes of soil when an adequate animal management is carried out.

Keywords: Integrated system. Pasture recovery. Conservation. Livestock production. Income.

¹Licenciado Ciências Agrícolas, D.Sc., Prof. Tit. IFTM/Bolsista CNPq, Uberaba, MG, jlrtorres@iftm.edu.br

²Eng. Agrícola, D.Sc., Prof. Adj. IF Goiano - Campus Iporá, Iporá, GO, relassis@bol.com.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Adj. UFSC - Depto. Engenharia Rural/Bolsista CNPq, Florianópolis, SC, arcangeloloss@yahoo.com.br



INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro vem passando por grandes modificações ao longo dos últimos anos, as quais foram motivadas pelos aumentos do custo de produção, mercado competitivo, aumento da produtividade, com qualidade, rentabilidade e conservação dos recursos naturais.

Muitas áreas de pastagens no Brasil vêm sendo estabelecidas em sucessão ou em consórcio com culturas anuais nos últimos anos, entretanto, nas áreas sob o bioma Cerrado isto vem acontecendo desde a década de 1930, pelo plantio de forrageiras com cultivos anuais, onde o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), o capim-colonião (*Panicum maximum*), o capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), dentre outros, eram feitos nas entrelinhas ou após as culturas de milho, arroz e feijão (KICHEL et al., 2012). Esse processo foi intensificado entre as décadas de 1960 e 1970 com a abertura de novas áreas em outras regiões do País, mas principalmente no Centro-Oeste, onde essas atividades foram estimuladas por programas de créditos especiais e incentivos fiscais.

Com a fundação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na década de 1970, ocorreu a consolidação de uma rede de pesquisa e desenvolvimento que buscou novas formas de renovação/recuperação das áreas ocupadas por pastagens degradadas, investiu-se no desenvolvimento de soluções e transferências de tecnologia para os produtores, o que resultou na oficialização dos sistemas Barreirão em 1991 (KLUTHCOUSCKI et al., 1991) e Santa Fé, em 2001 (AIDAR; KLUTHCOUSCKI, 2003), ambos de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e, com a introdução do componente florestal, criou-se o sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) um pouco mais adiante (MACEDO, 2009).

De forma geral, as pastagens nativas foram gradativamente substituídas por pastagens cultivadas, entretanto foram estabelecidas em Latossolos, que são solos ácidos, de baixa fertilidade natural, deficientes principalmente em fósforo, cálcio

e magnésio. Nesses solos, o processo de degradação das pastagens ocorreu de forma acelerada, sendo decorrente principalmente do manejo inadequado dos animais, da baixa reposição de nutrientes, dos impedimentos físicos do solo causados pelo pisoteio animal e sucessivas gradagens, além do baixo investimento em novas tecnologias (AIDAR; KLUTHCOUSCKI, 2003), que causou a estagnação da produtividade do rebanho ao redor de 2,0 arrobas/hectare/ano, enquanto que em pastagens bem manejadas, pode-se atingir a média de 16 arrobas/hectare/ano.

A área de pastagem com espécies cultivadas no Brasil situa-se em torno de 115 milhões de hectares, enquanto a área com pastagens nativas está em torno de 144 milhões de hectares, e ambas, em sua maioria, são formadas com forrageiras do gênero *Urochloa* sp., sendo que 90% destas áreas são ocupadas por *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens*, deste total, 100 milhões de hectares estão degradados (KICHEL et al., 2012). Segundo Kluthcouscki (apud MITTMANN, 2015), estes mais de 250 milhões de hectares podem ser cultivados sob ILP, que, além de produzir mais alimentos (grão, leite e carne), ainda pode melhorar a qualidade do solo. Kichel et al. (2012) destacam que essas áreas abrigam cerca 195 milhões de cabeças de bovinos,

com taxa de lotação de 0,75 cabeça/hectare e uma produção de cerca de 8 milhões de toneladas de equivalente carcaça.

Das áreas de pastagens formadas, Macedo (2009) acredita que 80% dessas apresentam algum estágio de degradação, sendo causado pelo processo evolutivo da perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais, conforme Figura 1.

Para equalizar e tornar viável a recuperação dessas áreas com pastagens degradadas, a pesquisa científica buscou formas alternativas para recuperar e/ou renovar tais áreas, sempre valorizando a integração com a atividade agrícola. Dentre as formas avaliadas, a ILP mostrou ser a maneira mais eficiente e de menor custo.

EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE RENOVAÇÃO/RECUPERAÇÃO DAS PASTAGENS

Sistema convencional

É um sistema de renovação que utiliza baixa tecnologia, onde se realizam subcalagem, gradagem e plantio/adubação do novo pasto, tendo um período previsto de reno-

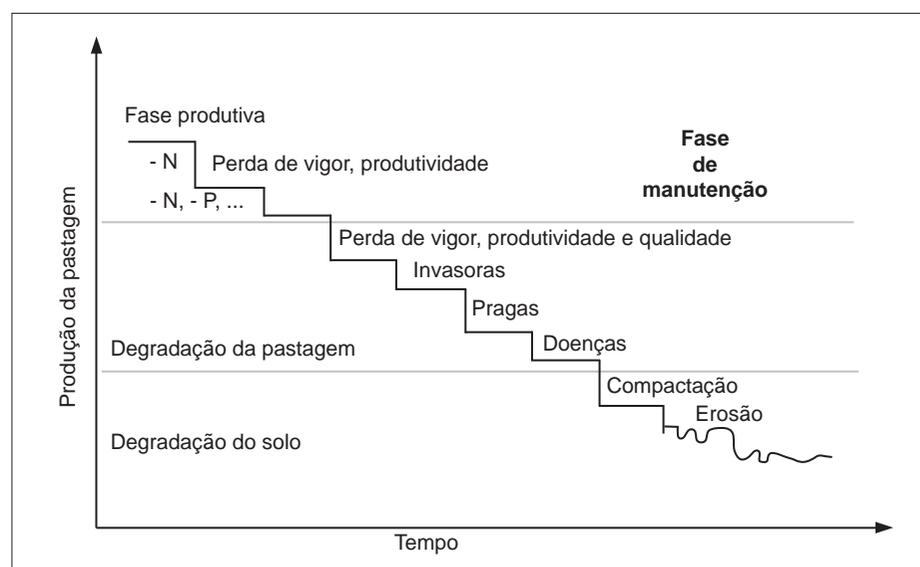


Figura 1 - Esquema simplificado do processo de degradação de pastagens em função de suas diferentes fases no tempo

Fonte: Adaptado de Oliveira (2013)

vação a cada cinco anos. Para essas áreas, estima-se uma lotação animal de 1 cabeça por hectare, com um ganho médio de peso vivo de 0,5 kg/cabeça/dia, durante 240 dias por ano. O sistema convencional custa, aproximadamente, 200 dólares/hectare, enquanto no sistema Barreirão, o custo fica entre 300 e 350 dólares/hectare com a cultura do arroz e entre 350 e 400 dólares, com a cultura do milho (OLIVEIRA et al., 1996).

Segundo Kluthcouski et al. (2000), o uso excessivo de implementos, de subcalagem e de adubação inadequada, somados à falta de práticas conservacionistas, queima e monocultura, resultou na rápida degradação dos solos da região do Cerrado. Esse processo de degradação observado em sistemas convencionais é contínuo, o que tornou constante a busca por novas tecnologias. Kluthcouski et al. (1991) destacaram que o processo de recuperação dessas áreas de pastagens deveria incluir técnicas de descompactação do solo, correção da acidez e adubação adequada, e, se necessário, mudança da espécie forrageira. Esses autores ainda avaliaram o custo de aplicar estas técnicas a médio e a longo prazos, e observaram que o preparo que envolveu uma aração foi mais promissor, por causa da descompactação que promoveu no solo.

Sistema Barreirão

O sistema Barreirão é uma tecnologia de recuperação/renovação de pastagens em consórcio com culturas anuais, principalmente o arroz de sequeiro, milho e sorgo, que são culturas que se adaptam bem às condições edafoclimáticas do Cerrado. Um dos objetivos principais dessa prática é a cobertura parcial ou total dos custos de recuperação da pastagem com a produção de grãos. O conjunto de técnicas recomendadas fundamenta-se em etapas interdependentes e sequenciais, que, se corretamente aplicadas, resultarão na reforma da pastagem e na produção simultânea de grãos, além da recuperação físico-química do solo (KLU-THCOUSKI et al., 1991).

A primeira etapa para a implantação do sistema Barreirão consiste em fazer

uma amostragem representativa do solo nas profundidades de 0,0-0,20 m e 0,20-0,40 m para a realização da análise química, antes de qualquer revolvimento. A correção da acidez e o fornecimento de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) para as plantas são etapas fundamentais do processo de recuperação da área, para a produção de grãos e de forragem, que deve obedecer à mesma metodologia e critérios para cultivos solteiros. O arroz de terras altas é a cultura mais adaptada às condições naturais dos solos ácidos do Cerrado e que tem apresentado melhores respostas à correção da acidez nessas áreas (Tabela 1) (OLIVEIRA et al., 1996).

O preparo adequado do solo para implantação do sistema Barreirão visa atingir três objetivos básicos, que são incorporar

resíduos orgânicos e corretivos; descompactar o solo e controlar plantas daninhas.

O uso das grades aradoras para incorporação superficial dos resíduos vegetais, mistura dos corretivos e destruição dos cupinzeiros são atividades que devem ser realizadas no final do período seco. Macedo (2009) destaca que esta gradagem inicial facilita a posterior aração profunda e que diminui a necessidade das operações de destorroamento e nivelamento do solo. Esta aração, quando feita com o arado de aiveca, apresenta melhor penetração e preparo mais homogêneo em profundidade, melhor tombamento das leivas, deixando menos torrões na superfície, o que facilita as operações posteriores de nivelamento, que, em alguns casos, podem até ser dispensadas (Tabela 2) (OLIVEIRA et al., 1996).

Tabela 1 - Efeito de doses crescentes de calcário na produção de arroz de terras altas no Cerrado goiano

Dose de calcário (t/ha)	Arroz		Forageira
	Matéria seca (MS) (t/ha)	Produtividade (kg/ha)	Matéria verde (t/ha)
0,0	3,1 b	2.618 ab	⁽¹⁾ 29,38 b
3,0	4,7 ab	3.460 a	37,98 ab
6,0	6,8 a	2.390 b	42,40 a
CV (%)	20,79	14,95	19,67

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (1996).

Nota: Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna comparam doses de calagem e não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

CV - Coeficiente de variação.

(1) Avaliação feita aos 60 dias após a colheita do arroz.

Tabela 2 - Comparações entre implementos utilizados no preparo do solo, sobre a produtividade do arroz de terras altas, no Cerrado goiano

Implemento	Produtividade do arroz			Massa verde da forrageira
	1990/1991	1991/1992	1992/1993	⁽¹⁾ 1991/1992
	(kg/ha)			
Grade aradora	1.700 b	1.942 b	674 b	17.300
Arado de disco	2.790 a	2.430 a	-	-
Arado de aiveca	2.962 a	2.637 a	2.285 a	23.238
CV (%)	19,5	15,3	26,5	-

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (1996).

Nota: Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

CV - Coeficiente de variação.

(1) Avaliação feita aos 60 dias após a colheita do arroz.

Após a aração, todo o excesso de mecanização na área recompacta o solo e desestrutura sua superfície, por isso as arações realizadas com arados de aiveca são mais vantajosas, pois podem dispensar operações posteriores de nivelamento da área.

A adubação realizada na implantação do sistema Barreirão deve ser feita na quantidade adequada e com base na análise do solo, que atenda às demandas nutricionais da cultura, e haja uma disponibilidade residual para as forrageiras. Este adubo pode estar puro ou misturado à semente de braquiária, que será incorporada à profundidade de 0,08 a 0,10 m, enquanto que a semente da cultura anual será semeada entre 0,03 e 0,05 m (MACEDO, 2009).

A demanda de nutrientes pelas plantas forrageiras está relacionada com o tipo de solo, níveis de adubação, espécies utilizadas e intensidade de uso das pastagens. Dessa forma, a queda de vigor e de disponibilidade de forragem pode ser fruto do esgotamento de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (Fig. 1), que foram exportados da pastagem por meio de produtos animais e por ação do tempo (OLIVEIRA, 2013). Magalhães, Kliemann e Oliveira (2001) destacam, ainda, que a fertilidade não é o único fator do solo que influi no rendimento das pastagens, pois os atributos físicos e o manejo também devem ser considerados, visto que, mesmo com a reposição de nutrientes, o potencial

de recuperação das pastagens tropicais cai sensivelmente nos anos subsequentes à sua formação.

O manejo da carga animal por área pode contribuir para o estabelecimento de graus diferenciados de compactação, em consequência da pressão exercida sobre o solo, pois a maior intensidade de pastejo determina menor massa de forragem, redução da cobertura vegetal, aumento do tempo de pastejo e do deslocamento dos animais na busca pela forragem, que aumenta o pisoteio animal por unidade de área (CONTE et al., 2011).

Alguns estudos têm evidenciado que nas áreas sob pastejo intensivo, o impacto causado pelo pisoteio bovino no solo altera os atributos físicos, em decorrência de o peso do animal estar distribuído em uma menor área atingida pelo seu casco. Sousa, Silva e Resende (1998) ao avaliarem a influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo, calcularam os valores da massa, área do casco e pressão de animais no solo, e observaram que a pressão exercida pelo bovino foi 106,5% maior que a exercida pelo trator.

Ao avaliarem a produção de massa verde de *Urochloa brizantha* ao longo dos anos, Magalhães, Kliemann e Oliveira (2001) verificaram que a produtividade atingiu um pico máximo (24 t/ha) aos três anos após a implantação do sistema

Barreirão, que a seguir ocorreu o decréscimo da produção, sendo este atribuído à exportação dos nutrientes do solo, o que causou esgotamento, aumento da densidade na profundidade de 0,0 a 0,10 m na área após seis anos (1,38 kg/dm³), quando comparado à mata nativa (1,15 kg/dm³), e compactação na camada de 0,08 a 0,16 m, atingindo valor crítico de 2,22 MPa.

Sistema Santa Fé

O sistema Santa Fé fundamenta-se na produção consorciada de culturas anuais, graminíferas ou forrageiras (milho, sorgo, milheto, soja e arroz de terras altas), com espécies forrageiras, principalmente gramíneas tropicais, como as pertencentes ao gênero *Urochloa* spp. (sinonímia *Brachiaria* spp.), (Fig. 2), tanto no Sistema Plantio Direto (SPD) como no convencional, em áreas agrícolas, em solos parciais ou devidamente corrigidos (KLUTHCOUSKI et al., 2000; VIANA et al., 2007).

Os principais objetivos deste sistema são: produzir forragem para a entressafra; produzir palha em quantidade e qualidade para o SPD na safra seguinte (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003), e, obviamente, produzir grãos. Um dos aspectos mais inovadores é a aplicação dos conceitos de ILP com o SPD.

A degradação de pastagens tornou-se um dos principais sinais da baixa sustenta-



Figura 2 - Milho consorciado com *Urochloa* sp.

Fonte: Viana et al. (2007).



bilidade da pecuária, nas diferentes regiões brasileiras. O manejo inadequado do rebanho é considerado como a principal causa dessa degradação. Aidar e Kluthcouski (2003) alertam que, dentre os principais problemas da pecuária brasileira, está a degradação das pastagens e dos solos; o manejo animal inadequado; a baixa reposição de nutrientes no solo; os impedimentos físicos dos solos e os baixos investimentos tecnológicos. Tais restrições trazem consequências negativas para a sustentabilidade da pecuária, tais como: baixa oferta de forragens, baixos índices zootécnicos e baixa produtividade de carne e leite por hectare, além de reduzido retorno econômico e ineficiência do sistema.

O sistema Santa Fé foi lançado com o objetivo de ensilar ou cortar a *Urochloa brizantha*, para fornecimento no cocho, para animais confinados. A produção de forragem foi de, aproximadamente, 30 t/ha de biomassa verde a cada 45 dias, sendo que em quatro cortes foi possível obter mais de 150 t/ha no período compreendido entre março e dezembro. Kluthcouski et al. (2000) destacam, ainda, que se devem utilizar de 5 a 10 kg de sementes de *Urochloa* por hectare, com valor cultural igual ou superior a 30%. Em consórcios de milho e sorgo, utilizar de 7 a 10 kg de sementes, e 5 kg para a soja. Se for utilizado no consórcio o milho, devem-se usar de 15 a 20 kg de sementes de *Urochloa* por hectare misturadas ao adubo.

Kluthcouski et al. (2000) destacam ainda que as principais vantagens da palha da *Urochloa* devem-se à maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando em maior conservação de água e menor variação da temperatura do solo; maior longevidade na cobertura do solo em razão da lenta decomposição de seus resíduos; controle ou minimização de doenças como o mofo-branco, podridão- radicular-seca e podridão-de-*Rhizoctonia*, por ação isolante ou alelopática causada pela microflora do solo sobre os patógenos e pela maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, podendo reduzir ou até mesmo

tornar desnecessário o uso de herbicidas pós-emergentes.

Neste sistema, a cultura do milho apresenta grande desempenho de desenvolvimento inicial, exercendo alta competição sobre as forrageiras e evitando redução significativa na capacidade de produção de grãos (MACEDO, 2009).

A grande vantagem é que o sistema Santa Fé não altera o cronograma de atividades do produtor e não exige equipamentos especiais para sua implantação. Por meio deste sistema Santa Fé é possível aumentar o rendimento da cultura de milho e das pastagens e, com isso, baixar os custos de produção, tornando a atividade agrícola mais competitiva e sustentável. Além disso este sistema está viabilizando o plantio direto em várias regiões pela geração de palha em quantidade adequada para manter o solo coberto. Somam-se a isso alguns benefícios agregados à palha de braquiária, no que diz respeito ao seu efeito supressor de plantas daninhas e de fungos de solo (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

O plantio de milho safrinha, em fevereiro-março, consorciado com diferentes espécies forrageiras, nos Cerrados, é uma nova realidade. É necessário o uso de herbicidas supressores, cuja técnica preconiza minimizar a competição da braquiária com a cultura anual, seja com uso de subdoses de herbicidas, seja por meio da prática cultural com o plantio da forrageira em pós-emergência da cultura (KLUTHCOUSKI et al., 2000), que, aliado ao plantio direto, tem auxiliado o processo de manutenção da produção das pastagens, a recuperação de pastagens degradadas ou em início de degradação. Uma vez recuperadas, as pastagens apresentam melhor valor nutritivo no outono-inverno, aliviando o efeito acentuado da estacionalidade. Outras culturas anuais também têm sido utilizadas no plantio simultâneo com gramíneas forrageiras, com bons resultados, tais como: sorgo forrageiro, granífero e girassol (MACEDO, 2009).

As espécies de forrageiras que toleram o estresse hídrico da região do Cerrado

são as mais recomendadas para ILP. Outra característica importante da forrageira é a persistência da palha no solo, fundamental para manutenção do SPD. As espécies que apresentam alta relação entre carbono e nitrogênio (C/N), como as pertencentes ao grupo das gramíneas, são as que sobressaem nesse quesito, em virtude de os microorganismos presentes no solo terem dificuldades em degradar a matéria orgânica (MO), (VIANA et al., 2007).

No sistema ILP, a fertilização da cultura comercial recupera a fertilidade do solo e, em consequência, a pastagem mantém-se produtiva por mais tempo. Utiliza-se ILP para a recuperação dos solos degradados pela atividade agropecuária, com produção de forragem para o gado em épocas de escassez, promovendo a rotação de culturas, essencial para SPD (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

As práticas que compõem o ILP minimizam a competição precoce da forrageira, evitando redução do rendimento das culturas anuais e permitindo, após a colheita destas, uma produção forrageira abundante e de alta qualidade que poderá alimentar parte representativa do rebanho bovino no período seco (VIANA et al., 2007), inclusive a produção de novilho precoce a pasto (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

Segundo Silva et al. (2011), uma alternativa para evitar a competição entre a cultura anual com a forrageira é, por ocasião da semeadura simultânea, semear a forrageira em profundidade maior que a cultura, tendo o cuidado para que essa profundidade não comprometa a emergência da forrageira.

O aproveitamento residual dos fertilizantes, o controle de plantas daninhas e a maior eficiência do uso de máquinas e implementos reduzem os custos de implantação/reforma da pastagem, contribuindo para uma rentabilidade e sustentabilidade do setor agropecuário (VIANA et al., 2007).

No sistema Santa Fé, produz-se palha de alta qualidade, com produção de mais de 15 t/ha de biomassa seca, quando bem



manejada, e persistindo por um longo período na superfície do solo (MANTOVANI et al., 2015).

No estabelecimento do sistema Santa Fé é muito importante dominar a técnica de plantio, que deve ocorrer na safra de verão e em plantio direto, preferencialmente, ou no sistema convencional com a utilização das técnicas de aração e gradagem. A semeadura é feita de maneira que as sementes da forrageira, misturadas ao adubo, fiquem de 3 a 4 cm abaixo das sementes da cultura. Existem recomendações específicas de regulagem da semeadora para a profundidade de plantio, espaçamento e entrelinhas que variam segundo o consórcio ou tipos de solo (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

No sistema Santa Fé, o consórcio é geralmente conduzido em solo de média a alta fertilidade e espera-se maior competição da forrageira com a cultura. Por essa razão, geralmente, além da semeadura mais profunda da forrageira, em alguns casos, pode haver a necessidade do uso de herbicidas para conter seu crescimento ou plantio defasado, plantando a forrageira alguns dias após o milho (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Vários trabalhos realizados com o consórcio milho e forrageiras mostram que na média, a presença da forrageira reduziu a produtividade em 5%. Contudo, verifica-se que em vários casos não há diferenças significativas entre o milho solteiro e o consorciado. Vale ressaltar que os diferentes resultados estão associados à combinação de vários fatores, tais como a população da forrageira, a época de sua implantação, os arranjos de plantio, a presença de plantas daninhas, a aplicação de herbicidas, a fertilidade do solo e as condições hídricas. Nos tratamentos onde foram aplicados os herbicidas para reduzir o crescimento da forrageira, as produções foram semelhantes às do milho solteiro, indicando que esse procedimento pode eliminar as perdas no consórcio (MANTOVANI et al., 2015).

Um dos principais efeitos de integrar atividades agrícolas com a pecuária reside no fato de ocorrerem alterações nas

propriedades físicas do solo, as quais parecem ser potencializadas pela ocorrência de períodos de déficit hídrico. Porém, o manejo eficiente do pastejo animal não compromete o rendimento agrícola das culturas seguintes, apesar de promover alterações nas propriedades físicas do solo (SILVA et al., 2011).

O uso agrícola do solo promove alterações nos atributos físicos, porém essas alterações não são consideradas críticas para o desenvolvimento radicular das plantas no sistema ILP. A manutenção da cobertura do solo é considerada medida-chave para exploração agropecuária. Efeitos similares foram obtidos por Conte et al. (2011), para um Latossolo Vermelho Distroférico, os quais relataram que o efeito do pastejo na resistência mecânica do solo à penetração foi detectado até a 0,12 m de profundidade, sendo crescente com a intensidade de pastejo. No entanto, as alterações nos atributos físicos do solo não ocorrem somente quando da ILP, pois cada sistema de manejo do solo interfere no seu comportamento físico, com intensidades distintas.

Em estudo realizado em Santo Antônio de Goiás, GO, por Silveira et al. (2011), em um Latossolo Vermelho argiloso, no qual avaliaram as alterações nos atributos físicos e na capacidade de suporte de pastagem em diferentes sistemas de manejo (pastagem contínua; sucessão

anual pastagem/feijão irrigado; sucessão anual milho/pastagem/feijão irrigado e sucessão anual milho/feijão irrigado no inverno), em plantio direto. Esses autores constataram que não ocorreram alterações da densidade e porosidade do solo nos diferentes tratamentos e sucessões com o uso da braquiária no sistema de cultivo e aumentou na proporção de agregados do solo maiores que 2 mm (Tabela 3).

A braquiária apresenta um efeito positivo sobre a agregação do solo. Os resíduos de gramíneas promovem a melhoria do solo por conterem maior quantidade de lignina, substância que possibilita o aumento de ácidos carboxílicos e ácidos húmicos nos substratos, e estes favorecem a estruturação e a estabilidade dos agregados (SILVEIRA et al., 2011). Os efeitos benéficos das gramíneas perenes na formação e estabilização dos agregados do solo são decorrentes da alta densidade de raízes, que favorece a aproximação das partículas pela constante absorção de água do perfil e de periódicas renovações do sistema radicular. Esses mesmos autores observaram que os valores de capacidade de suporte da pastagem diminuíram, à medida que o número de culturas de grãos implantadas na sucessão anual aumentou. A transformação do Cerrado nativo em sistemas de uso intensivo possibilitou aumento da retenção de água no solo.

Tabela 3 - Proporção (%) de agregados estáveis em água retidos nas peneiras de 2,00; 1,00; 0,50, 0,125 e <0,125 mm, na camada 0-20 cm, em razão dos tratamentos

Tratamento	Classes de agregados (mm)					
	2,00	1,00	0,50	0,25	0,125	<0,125
T1	54,77 a	10,13 b	12,58 c	9,62 b	5,97 b	6,92 ab
T2	50,36 ab	10,75 b	14,94 bc	11,32 b	7,19 ab	5,38 b
T3	44,94 b	12,15 b	16,77 b	12,02 ab	8,21 a	5,91 b
T4	34,83 c	14,71 a	20,06 a	13,88 a	8,93 a	7,58 a

Fonte: Adaptado de Silveira et al. (2011).

Nota: Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

T1 - Pastagem contínua; T2 - Sucessão anual pastagem/feijão no inverno; T3 - Sucessão anual milho/pastagem/feijão no inverno; T4 - Sucessão anual milho/feijão no inverno. Média dos anos de 2005, 2006 e 2007.

Porém, alguns trabalhos relatam que o pastejo adequado na ILP tem influência nas propriedades físicas do solo, mas não causam perdas no rendimento agrícola das culturas subsequentes. Pesquisas neste sistema ainda são incipientes e recentes para o Cerrado brasileiro. Uma avaliação por um período maior torna-se necessária para verificar as variações nos diferentes tipos de solos e nas diferentes condições de clima e fertilidade.

Sistema Integração Lavoura-Pecuária

O sistema ILP é uma excelente ferramenta para alcançar a sinergia entre a produção agrícola e a qualidade ambiental no bioma Cerrado. Este sistema visa à diversificação do uso das terras, com base na integração espacial e temporal dos componentes do sistema produtivo, causando a redução da pressão sobre os ecossistemas naturais (SALTON et al., 2014; CORDEIRO et al., 2015; VILELA et al., 2015).

Entretanto, existe uma dicotomia entre o aumento da produção agrícola e a redução dos impactos ambientais oriundos dessa atividade; pois a necessidade de aumentar a produção mundial de alimentos (segurança alimentar) não está diretamente relacionada com a urgência em reduzir os impactos ambientais negativos da agricultura. Assim, esses autores sugeriram que a causa dessa dicotomia é a perda de diversidade dentro dos diferentes sistemas de uso das terras utilizados em várias escalas na paisagem, e a ILP tornou-se uma solução para este problema.

Em relação ao uso das terras no Cerrado brasileiro, conforme relatam Loss, Pereira e Torres (2016), tem-se a seguinte sequência de uso (Fig.3): até a década de 1970, o principal uso era pastagem (pastoreio extensivo); em seguida essas áreas foram convertidas em lavouras anuais, com sistema de preparo convencional do solo por meio de aração e gradagem. Com o surgimento de práticas conservacionistas, este sistema foi substituído pelo SPD.

Mais recentemente, parte do SPD está sendo implementado com o ILP.

Partindo dos quatro principais usos das terras no Cerrado brasileiro (Fig. 3) e segundo Loss et al. (2012), Salton et al. (2014) e Cordeiro et al. (2015), para aumentar a diversidade entre estes, o sistema ILP é a solução, pois integra o cultivo de lavouras, principalmente grãos (soja, milho, feijão, girassol), em SPD, com sistemas pecuários (pastagem com pastejo). Esta integração espacial e temporal proporciona os seguintes benefícios para a tríade solo-planta-animal:

- a) melhor regulação dos ciclos biogeoquímicos, com consequente redução de contaminantes para a atmosfera e hidrosfera, por melhor sinergia entre os ciclos de carbono (C) e nitrogênio (N) dentro da vegetação, MO e biomassa microbiana do solo e o componente animal: os nutrientes permanecem no sistema e a ciclagem destes se dá por diferentes caminhos, pois há contínuo fornecimento de nutrientes oriundos de diferentes fontes, tais como da mineralização da palha das culturas, pastagem e deposição dos dejetos animais (esterco e urina) durante o pastejo;
- b) aumento de habitats e cadeias tróficas em função da diversificação do sistema: associação de sistemas de

pastagem com sistemas de cultivo favorece a diminuição dos impactos ambientais negativos resultantes da intensificação de sistemas de cultivo (principalmente monocultivos e em sistema convencional), causando a melhoria da qualidade das pastagens por reformas periódicas e, consequentemente, aumento da biota do solo;

- c) maior flexibilidade do sistema como um todo, para lidar com riscos eminentes, tanto por problemas socioeconômicos quanto ambientais: no Cerrado brasileiro, em decorrência das condições climáticas (altas temperaturas com verão e inverno bem definidos), têm-se problemas para uma boa produção de palha para o SPD ser eficiente – 10 t/ha de matéria seca (MS) –, o que decorre da rápida decomposição dessa palha, principalmente de culturas leguminosas, por condições climáticas desfavoráveis.

Dessa forma, o sistema integrado de produção é sinônimo de diversificação dentro da propriedade rural, pois engloba no mesmo espaço, algumas atividades relacionadas com a agricultura e com a pecuária, tais como a rotação, a consorciação e/ou a sucessão de culturas, plantas de coberturas onde se encaixam as forrageiras, sendo todas realizadas harmonicamente. Isto

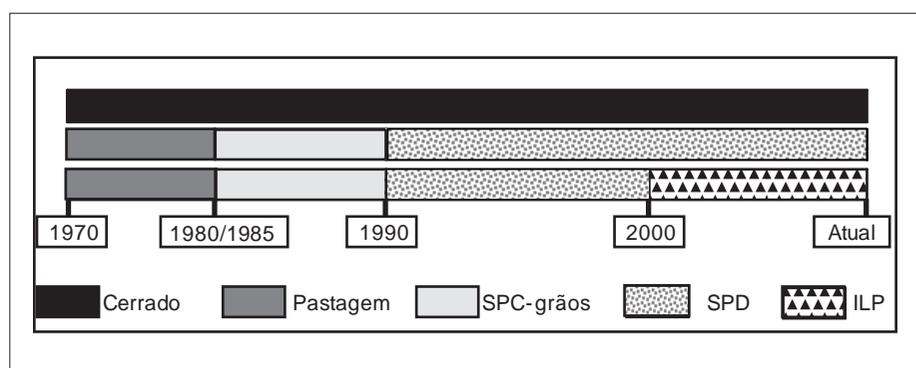


Figura 3 - Principais mudanças de uso das terras no bioma Cerrado

Fonte: Adaptado de Loss et al. (2012).

Nota: SPC - Sistema plantio convencional; SPD - Sistema Plantio Direto; ILP - Integração Lavoura-Pecuária.

acarreta na melhor exploração das terras do agricultor, sendo economicamente viável o ano todo, o que favorece o aumento de oferta dos produtos (grãos, carne e leite), com custos menores pelo sinergismo entre as atividades da lavoura e da pastagem (CORDEIRO et al., 2015).

Além desses benefícios, no sistema ILP têm-se melhores condições edáficas, o que está relacionado com os níveis mais elevados de diversidade e produtividade em comparação às pastagens e ao cultivo de grãos, quando estes são feitos em monocultivos e, principalmente, em sistema convencional. A maior produtividade dos sistemas integrados de produção justifica-se pelo melhor aproveitamento da radiação solar, aumento da biodiversidade, aumento da ciclagem de nutrientes, obtenção de receita adicional no curto prazo, redução dos gastos com insumos, redução de impacto ao meio ambiente, bem como ao incremento no sequestro de carbono da atmosfera (LOSS et al., 2012; SALTON et al., 2014; CORDEIRO et al., 2015).

Com o objetivo de analisar os benefícios e as perspectivas potenciais dos sistemas ILP no processo de intensificação de uso das terras exploradas com lavoura de grãos e pastagens no bioma Cerrado, Vilela et al. (2011) verificaram que existem três modalidades de sistemas ILP, sendo estes identificados conforme as peculiaridades regionais e da propriedade, tais como condições de clima e de solo, infraestrutura, experiência do produtor e nível de tecnologia disponível. Os sistemas identificados por Vilela et al. (2011) foram:

- fazendas de pecuária, onde culturas de grãos (arroz, soja, milho, sorgo) são introduzidas e/ou consorciadas em áreas de pastagens para recuperar a produtividade dos pastos;
- fazendas especializadas em lavouras de grãos, que utilizam gramíneas forrageiras para melhorar a cobertura do solo em SPD e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos – safrinha de boi (Fig. 4);

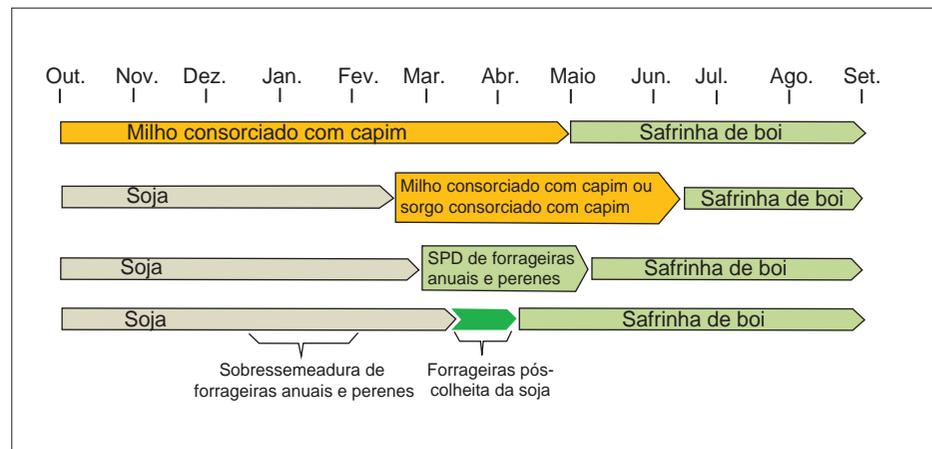


Figura 4 - Alternativas potenciais de safrinha de boi dentro das modalidades de ILP, praticadas em diferentes regiões do Cerrado brasileiro

Fonte: Vilela et al. (2015).

Nota: SPD - Sistema Plantio Direto; ILP - Integração Lavoura-Pecuária.

- fazendas com rotação pasto-lavoura, as quais continuamente fazem a rotação de pasto e lavoura, para intensificar o uso das terras e beneficiar-se do sinergismo entre essas duas atividades.

O termo safrinha de boi ou boi safrinha refere-se ao uso da forragem, normalmente braquiária (*U. ruziziensis* ou *U. decumbens*), produzida em consórcio com a cultura de verão (milho), com a finalidade de produzir palha para o SPD, e também para a alimentação de bovinos na estação seca do ano, que no Cerrado compreende os meses de junho a setembro (seco e inverno). Outra forma utilizada também é o uso da soja no verão (outubro a fevereiro), com posterior safrinha de milho ou sorgo, ambos consorciados com capim (braquiárias principalmente), de março a junho, seguido da safrinha de boi, no período seco e frio (julho a setembro) (Fig.4). No Cerrado, o uso das forrageiras no sistema ILP é normalmente feito no período de maior déficit hídrico (inverno, frio e seco), caracterizando uma pastagem de curta duração, sendo utilizada principalmente para cria, recria ou terminação de bovinos, bem como para produção de feno. O diferencial do sistema é a intensificação do uso das terras, pois é possível manter a área em produção o ano todo, o que acarretará na redução de riscos

de produção e diminuição e/ou, diluição dos custos (VILELA et al., 2015).

Conforme consta na Figura 4 e segundo Loss et al. (2012), no Cerrado brasileiro é muito comum o cultivo de milho consorciado com braquiária. Neste sistema, o milho e a braquiária são semeados simultaneamente e, após a colheita do milho, é feita a introdução de bovinos na área, com a permanência dos animais por três a quatro meses. Após a retirada do gado, período quando iniciam as chuvas no Cerrado, realiza-se uma adubação em cobertura na braquiária. Após a rebrota, quando a área apresenta-se totalmente coberta pela capineira, faz-se a dessecação da palha e o plantio da cultura de verão, a exemplo do feijão, do algodão ou da soja.

Independentemente da modalidade de ILP, todas melhoram a qualidade do solo, pois são sistemas complexos que privilegiam o cultivo diversificado de plantas aliado ao pastejo animal. A melhoria dos atributos edáficos observados nos sistemas ILP está diretamente relacionada com a quantidade de animais que pastam a área dentro do sistema.

Estudos realizados na região do Cerrado goiano, com o sistema ILP (milho+braquiária/feijão/algodão/soja) por oito anos, no qual utilizaram-se 2,0 unidade animal (UA) por hectare, com 450 kg de



peso vivo cada UA, e comparado com os resultados de uma área de SPD (girassol/milheto/soja/milho), sem a forrageira na rotação ou sucessão de cultivos por 17 anos e uma área de vegetação nativa (Cerradão), revelaram menores valores de densidade do solo no sistema ILP na camada de 0,0-0,10 m (0,93 e 1,00 t/m³, respectivamente, para ILP e SPD) e valores iguais em 0,10-1,00 m (valores entre 1,10 e 1,30 t/m³) (LOSS et al., 2012). Ainda segundo esses autores, os estoques de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) foram maiores no sistema ILP na camada de 0,0-0,30 m, quando comparado à área de SPD na mesma camada (Tabela 4).

Os maiores estoques de COT e NT no sistema ILP estão associados ao uso da braquiária (*U. ruziziensis*), que é semeada junto ao milho safrinha, pois esta poácea propicia a deposição de resíduos culturais de degradação mais lenta e, portanto, favorece o acúmulo de COT e NT pela sua maior relação C/N. A utilização da braquiária para intensificar a produção de palha no período seco do ano promoveu aumento da produção de fitomassa na área de ILP (11.300 kg/ha), em comparação à área de SPD com milheto (7.800 kg/ha), conseqüentemente, ocorreu um aumento nos estoques de COT e NT

(LOSS et al., 2012). Além desses benefícios, o uso de forrageiras no sistema ILP aumenta a rentabilidade desse sistema a partir da produção animal (boi safrinha) e causa melhorias na ciclagem e utilização de nutrientes, o que remete menor custo de produção. Somada a essas vantagens, a inserção da pastagem no sistema ILP favorece outros serviços ambientais, tais como o sequestro de carbono e o aumento da biodiversidade (SALTON et al., 2014; CORDEIRO et al., 2015).

A ILP é um sistema de produção ideal para o Cerrado brasileiro, pois cerca de metade da área adequada para a agricultura no Cerrado está sob pastagem cultivada. Cordeiro et al. (2015) destacam ainda que mais de 80% das pastagens cultivadas no Brasil Central, as quais são responsáveis por mais de 55% da produção nacional de carne, encontram-se em diferentes estádios de degradação, o que na maioria dos casos está associado ao manejo inadequado do rebanho, resultado do excesso de pastoreio. Com a pastagem degradada, tem-se menor produção de forragem para a atividade pecuária, além de problemas relacionados com o solo, tais como perda de nutrientes por erosão em decorrência da menor proteção do solo por cobertura vegetal. Para reverter esse quadro, esses autores relatam

que os sistemas ILP são economicamente e tecnicamente viáveis para o bioma Cerrado. Pois, além de produzir alimentos de alto valor biológico (carne e leite), a pastagem cultivada proporciona outros benefícios ambientais, incluindo a cobertura do solo em longo prazo, a fixação do carbono, o aumento no teor de matéria orgânica (MO) do solo e a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEEs).

Salton et al. (2014) avaliaram a agregação do solo e as frações da MO do solo de diferentes sistemas de manejo por longo tempo (17 anos), em Dourados, MS, sob vegetação de Cerrado em Latossolo Vermelho. Esses autores encontraram maiores índices de agregação, estoques de COT e taxa de retenção de carbono no sistema ILP em comparação ao sistema convencional e SPD. Concluíram que o sistema ILP, por ser um sistema de produção mais complexo e diversificado, pode ocorrer sinergismo entre os componentes para resultar em melhor estruturação física do solo, maior eficiência no uso de nutrientes pelas plantas, maior acúmulo de frações lábeis da MO do solo, maior diversidade e atividade biológica no solo, e menor ocorrência de plantas daninhas. A partir desses resultados, Salton et al. (2014) afir-

Tabela 4 - Estoques de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) (t/ha) sob os diferentes sistemas de uso do solo em Montividiu, GO

Sistemas	Camadas avaliadas (m)							
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-0,50	0,50-0,60	0,60-0,80	0,80-1,00
	COT							
Cerradão	31,06 a	20,39 c	19,58 b	18,44 a	18,30 ^{ns}	17,57 a	37,09 a	29,79 a
ILP	26,27 b	26,25 a	22,84 a	19,59 a	19,26	16,74 a	29,50 b	25,21 b
SPD	22,31 c	22,44 b	18,14 b	18,62 a	18,56	16,73 a	31,32 b	26,46 b
NT								
Cerradão	2,83 a	1,89 a	1,84 a	1,64 a	1,24 a	1,08 a	2,08 a	1,65 a
ILP	1,65 b	1,46 b	1,28 b	1,09 b	0,90 c	0,73 c	1,48 c	1,33 b
SPD	1,47 c	1,29 c	1,28 b	1,13 b	1,00 b	0,91 b	1,64 b	1,48 b

Fonte: Loss et al. (2012).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre as áreas avaliadas pelo teste LSD-Student a 5%. ns=não significativo pelo teste F a 5%.

ILP - Integração Lavoura-Pecuária; SPD - Sistema Plantio Direto.



maram que o sistema ILP é agrônômica e ambientalmente eficiente e sustentável em longo prazo no bioma Cerrado.

Conforme os benefícios proporcionados pela integração solo-planta-animal na ILP, este, quando se torna consolidado (em longo prazo), também se torna cada vez mais lucrativo, por causa da maior diversificação das atividades econômicas, da diminuição dos custos e, conseqüentemente, dos ganhos em produtividade. Explorando o sistema ILP, na rotação lavoura-pastagem, há aumento de produtividade de grãos e fibras cultivados após a pastagem. Esta, por sua vez, aumenta a produção de biomassa em decorrência do efeito residual da adubação feita anteriormente na lavoura. Com uma pastagem mais produtiva e sem aumento de área plantada, tem-se maior produção de carne e leite (CORDEIRO et al., 2015).

Segundo Vilela et al. (2015), têm-se ganhos tanto na safrinha de boi quanto na safra e entressafra das culturas, sendo que para a soja cultivada em sucessão a pastagens adubadas, esses autores verificaram aumentos da ordem de 10% a 15% de produtividade, assim como o ganho de peso dos animais após o pastejo no período da seca (inverno). Além desses ganhos, têm-se também as melhorias relacionadas com o ambiente edáfico, em relação à fertilidade do solo, nas áreas de safrinha de boi, tem-se a ciclagem de N, P e K, estimada em equivalente-fertilizante, em torno de 60 kg/ha/ano de ureia, 95 kg/ha/ano de superfosfato simples e 85 kg/ha/ano de cloreto de potássio, respectivamente.

No trabalho de Loss et al. (2012), além dos melhores resultados encontrados para o sistema ILP (8 anos), em relação aos atributos físicos (maior agregação e menor densidade do solo) e químicos (maiores teores de COT e NT), em comparação ao SPD sem pastagem (17 anos), têm-se as diferenças de produtividade das culturas utilizadas nas duas áreas.

Observando os números brutos na Tabela 5, que são os que mais interessam

Tabela 5 - Produtividade média das culturas e matéria seca (MS) das gramíneas utilizadas na rotação de culturas na Fazenda Vargem Grande, pertencente à Agropecuária Peeters - Montividiu, GO

Produtividade	Áreas avaliadas	
	ILP	SPD
	kg/ha	
Soja	3.780	3.696
Milho safrinha	6.282	5.550
MS de braquiária	11.300	-
MS de milheto	-	7.800

Fonte: Loss et al. (2012).

Nota: ILP - Integração Lavoura-Pecuária (milho + braquiária/feijão/algodão/soja); SPD - Sistema Plantio Direto (girassol/milheto/soja/milho).

ao produtor rural, verificam-se melhores produtividades no sistema ILP, principalmente em propriedades como a Fazenda Vargem Grande, pertencente à Agropecuária Peeters, com cerca de 400 ha de área agricultável. Portanto, os benefícios que o sistema ILP propicia para o solo, sendo de maneira geral o aumento das frações da MO do solo, da agregação e da fertilidade (LOSS et al., 2012; SALTON et al., 2014; CORDEIRO et al., 2015), também se refletem em aumento de produtividade. Ainda, há benefício adicional da produção de carne bovina (safrinha de boi), já que nas áreas de ILP pastejam animais por 3 a 4 meses. No entanto, para que o sistema ILP promova tais benefícios, é necessário levar em consideração a maior exportação de nutrientes do sistema, exigindo, com isso, mais atenção quanto à correção de acidez e adubação do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pela sustentabilidade do setor agropecuário tornou-se um desafio para os pesquisadores e produtores em todo o País, principalmente nas regiões onde predomina o Cerrado, as quais respondem pela maior parte da produção de carne, leite e grãos. A evolução que vem ocorrendo nos sistemas de produção agropecuária, comprovada por estudos realizados e divulgados em revistas científicas, boletins,

livros, internet, dentre outros meios de comunicação, que saíram de um sistema de cultivo convencional e evoluíram para o sistema ILP, conduzido em SPD, está tornando viável a recuperação das áreas degradadas, principalmente as ocupadas por pastagens, demonstrando ser a inovação tecnológica mais eficiente para atender à necessidade técnica dos processos. Os produtores podem aperfeiçoar e diversificar o uso das áreas agrícolas e, conseqüentemente, obter maior renda por área com menores custos, além de proporcionar outros benefícios como a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

Dentre as vantagens observadas na utilização do sistema ILP, conduzido em SPD envolvendo agricultura e pecuária, pode-se destacar o retorno parcial ou total do capital investido de forma mais rápida, recuperação das pastagens degradadas, produção de forragem em quantidade e com qualidade, melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, aumento dos estoques de C e N no solo, com conseqüente redução da emissão de GEEs, verticalização da produção agropecuária, redução da pressão de desmatamentos nas áreas de expansão das fronteiras agrícolas, dentre outros, proporcionando a produção nas propriedades agropecuárias com sustentabilidade econômica e ambiental.



AGRADECIMENTO

Ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberaba, Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Iporá e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Florianópolis, pela disponibilização de professores/pesquisadores para escreverem este artigo.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. part.1, cap.1, p.23-58.
- CONTE, O. et al. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de Integração Lavoura-Pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1301-1309, out. 2011.
- CORDEIRO, L.A.M. et al. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: EMBRAPA, 2015. 393p. (EMBRAPA. Col. 500 Perguntas, 500 Respostas).
- KICHEL, A.N. et al. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. In: BUNGENSTAB, D.J. (Ed.). **Sistemas de Integração-Lavoura-Pecuária-Floresta**: a produção sustentável. 2.ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. cap.1, p.1-9.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. part.3, cap.15, p.407-441.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. **Renovação de pastagens de Cerrado com arroz**: I - Sistema Barreirão. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1991. 19p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 33).
- KLUTHCOUSKI, J. et al. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa**: Integração Lavoura-Pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em área de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; TORRES, J.L.R. Carbono orgânico no solo sob sistemas conservacionistas no Cerrado. In: AMARAL SOBRINHO, N.M.B. do; CHAGAS, C.I.; ZONTA, E. (Org.). **Impactos ambientais provenientes da produção agrícola**: experiências argentinas e brasileiras. São Paulo: Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2016. part.2, p.259-282.
- LOSS, A. et al. Carbon and nitrogen content and stock in no-tillage and crop-livestock integration systems in the Cerrado of Goiás State. **Journal of Agricultural Science**, v.4, n.8, p.96-105, July 2012.
- MACEDO, M.C.M. Integração Lavoura e Pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.38, p.133-146, 2009. Número especial.
- MAGALHÃES, R.T. de; KLIEMANN, H.J.; OLIVEIRA, I.P. de. Evolução das propriedades físicas de solos submetidos ao manejo do Sistema Barreirão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 31, n.1, p.7-13, 2001.
- MANTOVANI, E.C. et al. Manejo de solos. In: PEREIRA FILHO, I.A. (Ed.). **Cultivo do milho**. 9.ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 1). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>. Acesso: 18 abr. 2016.
- MITTMANN, L.M. **Solos**: conservação e recuperação. **A Granja**, Porto Alegre, n.795, p.34, mar. 2015.
- OLIVEIRA, C.G. **Estratégia para recuperação de pastagens degradadas e produção sustentável da bovinocultura**. 2013. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia Itapetinga, Bahia, 2013.
- OLIVEIRA, I.P. de et al. **Sistema Barreirão**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 87p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 64).
- SALTON, J.C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p.70-79, June 2014.
- SILVA, V.J. da et al. Integração Lavoura-Pecuária sob Sistema de Plantio Direto no Cerrado brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12, p.1-12. 2011. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/integracao%20lavoura.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2017.
- SILVEIRA, P.M. da et al. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema Integração Lavoura-Pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1170-1175, out. 2011.
- SOUSA, A.R.; SILVA, A.B.; RESENDE, M. Influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo do Vale do Pajeú, em Pernambuco. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO DA ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza. **Anais... Agricultura e sustentabilidade no Semi-Árido**. Fortaleza: SBC, 1998. p.256-257.
- VIANA, M.C.M. et al. Integração solo-planta-animal no sistema Integração Lavoura-Pecuária. **Informe Agropecuário**. Integração Lavoura-Pecuária, Belo Horizonte, v.28, n.240, p.104-111, set./out. 2007.
- VILELA, L. et al. Práticas e manejo de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na safra e safrinha para as regiões Centro-Oeste e Sudeste. In: CORDEIRO, L.A.M. et al. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: EMBRAPA, 2015. p.103-119. (EMBRAPA. Col. 500 Perguntas, 500 Respostas).
- VILELA, L. et al. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1127-1138, out. 2011.



Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado

Alex Teixeira Andrade¹, José Luiz Rodrigues Torres², José Mauro Valente Paes³, Cícero Monti Teixeira⁴,
Aurinelza Batista Teixeira Condé⁵

Resumo - A adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) pelos produtores brasileiros, a partir da década de 1970, é considerada um marco no que se refere à conservação e à preservação dos solos no País. Esta adoção vem crescendo exponencialmente até os dias atuais e estabilizou-se em, aproximadamente, 32 milhões de hectares, em todas as regiões do País. Vários desafios foram enfrentados e vencidos ao longo desses anos, outros vêm surgindo a cada momento e têm preocupado a comunidade científica, técnicos e produtores que utilizam o sistema. Dentre estes desafios, o principal tem sido o abandono de alguns princípios básicos, como deixar de lado as boas práticas que formam a base do SPD, principalmente a rotação de culturas e a manutenção de uma cobertura permanente sobre a superfície do solo com resíduos culturais. Destacam-se, ainda, o uso excessivo do glifosato, a compactação superficial, a descontinuidade do SPD, as plantas daninhas resistentes aos produtos utilizados, o financiamento agrícola e a assistência técnica.

Palavras-chave: Rotação de culturas. Compactação. Semeadura. Cobertura do solo. Biomassa. Plantas daninhas.

No-till system challenges in the Cerrado biome

Abstract - The adoption of the no-tillage system (NTS) by the Brazilian farmers starting in the 1970s is considered a milestone to the efforts of soil conservation and preservation in the country. This adoption has growing exponentially until the current days and has stabilized at approximately 32 million hectares in all regions of the country. Several challenges were faced and overcome along these years, others are emerging every season and have concerned the scientific community, technicians and farmers who apply the NTS. Among these challenges the more important is the neglecting of some basic principles which form the basis of the NTS, mainly the crop rotation and the permanent maintenance of soil coverage with crop residues. Also stand out situations as the excessive use of glyphosate, soil compaction, the discontinuity of the NTS, weed resistance to herbicides, the agricultural financing, and the need for technical assistance.

Keywords: Crop rotation. Soil compression. Sowing. Soil coverage. Plant biomass. Weeds.

INTRODUÇÃO

A técnica do plantio direto surgiu pelas mãos dos agricultores da Inglaterra e dos Estados Unidos (EUA), na década de 1950, onde os primeiros estudos foram registrados sobre o cultivo sem a necessidade de revolvimento do solo, que tiveram como base e motivação as experiências pioneiras dos produtores daqueles países, que encaravam esta técnica como um avanço tecnológico

fundamental na conservação do solo e produção de alimentos. Foi principalmente nos EUA que os produtores paranaenses buscaram as primeiras informações de como transferir todo o processo, com suas adequações necessárias, para ser empregado nas lavouras de clima tropical e subtropical temperado (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

Com base nos preceitos da agricultura conservacionista, plantio direto e Sistema Plantio Direto (SPD) têm aplicações dife-

rentes. Enquanto plantio direto é adequado para a adoção em regiões de clima temperado, SPD é um complexo sistema apropriado às regiões de clima subtropical e tropical, com base em um aglomerado de tecnologias para a viabilização da agricultura de forma sustentável, sem degradação do solo, podendo minimizar perdas de corretivos, fertilizantes e material orgânico.

Esta revolução denominada SPD teve início no País há pouco mais de 40 anos,

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Oeste-CEST, Patos de Minas, MG, alex.andrade@epamig.br

²Licenciado Ciências Agrícolas, D.Sc., Prof. Tit. IFTM/Bolsista CNPq, Uberaba, MG, jlrtorres@iftm.edu.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista FAPEMIG, Viçosa, MG, jpaes@epamig.com

⁴in memoriam

⁵Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, aurinelza@epamig.br



no Paraná, quando a erosão assolava as terras mais férteis do Estado, ameaçando comprometer toda a cadeia de atividade agrícola, onde o risco de desertificação de imensas áreas produtivas era constante e causaria prejuízos imensuráveis (CASÃO JUNIOR; ARAÚJO; LLANILLO, 2012). Diante desse cenário, alguns produtores saíram pelo mundo em busca de soluções para o problema. Foi nesse contexto, que em 1972, Herbert Bartz, produtor de Rolândia, PR, após uma viagem aos EUA, buscou essas informações técnicas e as introduziu em sua propriedade. O método adotado pregava o cultivo sem revolvimento do solo, rotação de culturas e manutenção de cobertura permanente do solo, contrário a todas as práticas agrícolas realizadas na época (SAMEK, 2015).

DESAFIOS DO SPD NO PAÍS

Vários desafios foram enfrentados para introduzir o SPD no País. O primeiro foi a desconfiança associada ao ceticismo dos produtores da região do Paraná, que não acreditavam que aquela técnica, que estava sendo introduzida por Bartz, pudesse resolver o problema crescente da erosão que assolava as áreas agrícolas. Entretanto, outros dois produtores locais, Manoel Henrique Pereira (Nonô) e Frank Dijkstra, acreditaram na proposta e também implantaram o SPD em suas

propriedades, onde observaram resultados expressivos com relação à produtividade e à conservação do solo. Estes três produtores foram fundamentais para o início do plantio direto no Brasil, enfrentaram o primeiro desafio, adotaram a tecnologia em suas propriedades e difundiram seus resultados aos outros produtores de toda a região (SAMEK, 2015).

O segundo desafio enfrentado foi a falta de equipamentos apropriados para fazer o plantio sem fazer o revolvimento do solo. Bartz, em sua primeira tentativa para fazer o plantio direto, adaptou um depósito de sementes sobre uma enxada rotativa para semear 3 ha de trigo, porém uma chuva de 60 mm destruiu 40% da lavoura. Após uma viagem ao estado de Kentucky, EUA, encontrou o pesquisador Shirley Philips, que assessorava um produtor que cultivava 800 acres, semeando milho no sistema no-till com uma semeadora Allis-Chalmers de seis linhas, com rendimento de 30 a 50 acres por dia. Retornando ao Brasil, encomendou ao fabricante e importou uma máquina de oito linhas para soja e seis linhas para milho (CASÃO JUNIOR; ARAÚJO; LLANILLO, 2012) (Fig. 1). Os benefícios econômicos resultantes da redução de 60% do trabalho com máquinas foram os principais estímulos para a adoção do sistema.

O terceiro desafio imediato que surgiu estava relacionado com o controle

das plantas daninhas, que era difícil, por causa da baixa eficiência dos herbicidas, quando havia palha na superfície do solo, a qual neutraliza o princípio ativo. Este problema começou a ser resolvido com o surgimento do paraquat e do diquat, no mercado nacional, para controlar as plantas daninhas.

Vários outros problemas surgiram ao longo desses 40 anos de implantação do SPD no País, os quais foram resolvidos com pesquisas, máquinas, equipamentos e produtos químicos.

Atualmente, o Brasil já atingiu 31,5 milhões de hectares de área cultivada em SPD (TORRES; PEREIRA; LOSS, 2016) (Gráfico 1), estando próximo dos 35 milhões de hectares cultivados na agricultura conservacionista dos EUA. Já ultrapassou a Argentina, com 27 milhões de hectares, Austrália, com 17 milhões de hectares, e o Canadá, com 16 milhões de hectares. Em todo o mundo, há mais de 100 milhões de hectares cultivados no SPD.

Uso excessivo do glifosato e execução deficiente do SPD

Com este crescimento exponencial em termos de áreas cultivadas no País, outros desafios foram surgindo e solucionados, à medida que eram observados no campo. Porém, a busca da sustentabilidade do SPD é uma batalha árdua e constante.



Figura 1 - Semeadoras utilizadas por Herbert Bartz, em Rolândia, PR

Fonte: Casão Junior, Araújo e Llanillo (2012).

Nota: A - Modelo Allis-Chalmers; B - Modelo Howard Rotacaster.

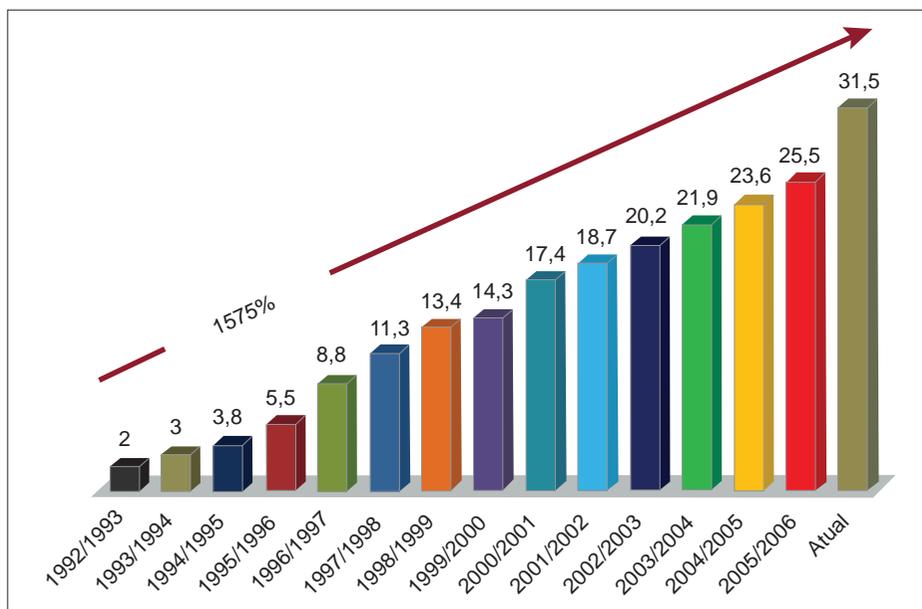


Gráfico 1 - Crescimento do Sistema Plantio Direto (SPD) no Brasil

Fonte: Torres, Pereira e Loss (2016).

Segundo Derpsch (2013), existem duas ameaças importantes à sustentabilidade do SPD, que são a utilização unilateral e excessiva do glifosato e a execução deficiente do plantio direto. De forma geral, as falências da execução do plantio direto mais comuns estão relacionadas com: a monocultura; a insuficiente cobertura do solo causada pela produção e adição escassa de biomassa; os períodos do ano sem culturas ou sem suficiente cobertura morta no chão (pouso); a insuficiente utilização de plantas de cobertura do solo e adubação verde; a deficiente distribuição dos resíduos pelas colhedoras; a eliminação indiscriminada ou a não existência de terraços em áreas declivosas; o excessivo revolvimento do solo na operação de plantio; a falta de continuidade pela interrupção periódica do SPD; a ocorrência de mais perdas (emissões) do que ganho (sequestro) de carbono no solo.

Além dos aspectos citados, Fancelli e Dourado Neto (2000) relatam alguns problemas inerentes à plena utilização do SPD:

- nem todos os agricultores apresentam qualificação e grau de instrução exigido pelo sistema;

- custo elevado de máquinas;
- eficiência variável em diferentes tipos de solo e região;
- compactação superficial (principalmente solos argilosos);
- inadequação a algumas culturas;
- restrito número de opções econômicas para a época de outono/inverno;
- maior dependência de assistência técnica especializada e pequena disponibilidade de pessoal habilitado para a implantação e condução do sistema.

Produção de biomassa e manutenção da cobertura do solo

A eficácia do SPD está relacionada, dentre outros fatores, com a quantidade e a qualidade dos resíduos produzidos pelas plantas de cobertura e com a persistência destes sobre o solo. Tais resíduos, em regiões de clima tropical, têm a decomposição mais acelerada que as regiões de clima temperado.

Saturnino e Landers (1997) destacam que a palha que recobre o solo representa a essência do SPD, que auxilia na redução das perdas de solo e de água pela erosão, diminui o impacto da gota de chuva, pro-

tege o solo contra compactação e desagregação dos grumos, aumenta a capacidade de infiltração da água no solo, minimiza os escoamentos superficiais e ameniza as enchentes, mantém a umidade do solo ao reduzir a evaporação (efeito mulching), age como reciclador de nutrientes assegurando alta atividade biológica, auxilia na manutenção ou no aumento da matéria orgânica (MO) no perfil do solo, melhora a capacidade de troca de cátions (CTC) e a estrutura física do solo, etc.

Segundo Alfonso Sletjtes, presidente da Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (FEBRAPDP), apesar de comprovadas as vantagens e benefícios incorporados ao processo de produção de alimentos pelo SPD, algumas de suas regras fundamentais vêm sendo ignoradas pelos produtores em todo o País. Dentre estas regras, a principal é a não realização da rotação de culturas, que tem sido justificada pela necessidade de rápido retorno lucrativo, endividamento ou compromissos financeiros, dimensionamento dos equipamentos inadequado à topografia do terreno, falta de conhecimento técnico ou de opção de plantas de cobertura, sendo que isto trará consequências desastrosas a médio ou a longo prazo (MITTMANN, 2015).

Segundo Guareschi e Pereira (2015), a rotação de culturas é um princípio fundamental do SPD, contudo, no Cerrado vem sendo substituída gradativamente pela sucessão de culturas, principalmente pelo pequeno número de culturas econômicas a ser utilizado no outono/inverno ou a aspectos de manejo e logística, pois preferem investir na sucessão milho/soja ou soja/milheto. Essas sucessões podem acarretar uma cobertura inadequada e insuficiente do solo, não garantindo uma boa cobertura com resíduos culturais, com adição de MO insuficiente para manter ou melhorar os atributos químicos ou físicos do solo.

Alguns pesquisadores têm buscado genótipos de plantas de cobertura adaptados às peculiaridades edafoclimáticas do Cerrado, que sejam capazes de produzir biomassa na faixa de 10 a 12 t/ha/ano, com



alta relação carbono/nitrogênio (C/N), com sensibilidade à dessecação química e com alto grau de aproveitamento da umidade residual do solo (FIDELIS, 2003). Isto porque, em geral, nas condições do Brasil Central, as limitações do longo período de seca afetam o desenvolvimento vegetativo dessas culturas, comprometendo a obtenção de eficiente cobertura morta do solo para a manutenção do SPD.

Segundo Torres e Pereira (2013), a decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais no Cerrado dificulta a manutenção da cobertura na superfície do solo. Por isso, a qualidade e a quantidade de biomassa produzida pelas plantas de cobertura são fundamentais para a sustentabilidade do sistema. Em estudos conduzidos em duas épocas do ano na região do Triângulo Mineiro, ao se cultivar plantas de cobertura no inverno e no verão, observou-se que a produção de biomassa foi bastante variável ao longo de anos de estudos, e foram diretamente influenciadas pelas condições climáticas locais, que, mesmo no período seco, quando algumas plantas são semeadas logo após a colheita das culturas de verão, que ocorre normalmente em março na região, é possível produzir biomassa em quantidade suficiente para manter a cobertura do solo (Tabela 1).

Ao estudarem as taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura no Cerrado, em Latossolo Vermelho dis-

trófico, Kliemann, Braz e Silveira (2006) verificaram que as palhas mais frágeis e menos persistentes, em ordem decrescente, foram as do capim-mombaça, sorgo-granífero, milheto, estilosantes, guandu e capim-marandu em cultivo exclusivo e em consórcio com milho.

Ao avaliarem a decomposição da palha de *Urochloa* sp. e de *Panicum* sp., após o consórcio com milho num Latossolo Vermelho distroférrico, em condições de Cerrado, Garcia et al. (2014) observaram que as forrageiras *Panicum maximum* cv. Tanzânia, *Urochloa brizantha* cv. Xaraés e *Urochloa ruziziensis*, após o consórcio com milho, apresentaram decomposição da palha muito parecida, ao 0 dia e aos 150 dias, de 4.350, 4.617 e 4.502 kg/ha, e 772, 754 e 663 kg/ha, respectivamente. Todos os consórcios de milho com forrageiras dos gêneros *Panicum* sp. e *Urochloa* sp. e adubação nitrogenada antecedente determinaram que, aos 60 dias após o manejo da forragem, restavam ainda entre 50% e 60% da palha inicial para o SPD.

Timossi, Durigan e Leite (2007) avaliaram o potencial agrônomico das espécies forrageiras *Urochloa decumbens* e *U. brizantha* comparadas ao milheto, na formação de palha para a adoção do SPD, em Jaboticabal, SP, no período de março a novembro. Concluíram que as braquiárias comparativamente ao milheto foram eficientes na formação

de palha, produzindo valores acima de 11 t/ha, além de densa cobertura no solo e com a supressão do desenvolvimento de plantas daninhas.

A partir de estudos conduzidos no Cerrado mineiro, por várias safras agrícolas com algumas plantas de cobertura e pousio (vegetação espontânea), com semeaduras das coberturas sendo realizadas no inverno e no verão (Tabela 2), Torres, Pereira e Loss (2016) destacam que o tempo de meia-vida ($T^{1/2}$ vida) dos resíduos remanescentes sobre o solo, que expressa o período necessário para que metade dos resíduos se decomponha, é variável e influenciado pela condição climática, principalmente temperatura e umidade. Nesses estudos, evidenciou-se que a decomposição é mais acelerada no período chuvoso (novembro a março) e lenta no período seco (junho a setembro), que os resíduos de Poáceas (gramíneas) permanecem mais tempo sobre o solo, pois são plantas que têm maior relação C/N, com exceção da braquiária, e que a crotalária foi a Fabácea que apresentou o melhor desempenho, com relação aos parâmetros avaliados.

De acordo com Marochi (2006), a espécie *U. ruziziensis* preenche os requisitos como cobertura morta para o SPD, por apresentar disponibilidade de sementes, rusticidade, ampla adaptação, fácil controle com herbicidas, baixa

Tabela 1 - Produção de biomassa seca das plantas de cobertura (braquiária, crotalária e milheto) e do pousio no inverno⁽¹⁾ e no verão⁽²⁾, em Uberaba, MG

Cobertura	Biomassa seca										
	Ano										
	2000/2001	2001/2002	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2011/2012	2013/2014	2014/2015
	(t/ha)										
Braquiária	6,0 b	2,1 b	1,4 b	5,5 a	2,1 a	2,0 b	2,6 a	8,0 c	3,3 b	10,6 a	9,1 a
Crotalária	3,9 c	3,7 a	2,1 a	3,6 b	2,0 a	2,1 b	2,9 a	10,5 b	3,4 b	7,2 c	9,0 a
Milheto	10,0 a	3,6 a	1,5 b	4,1 b	2,3 a	3,9 a	2,9 a	12,2 a	5,2 a	9,0 b	9,6 a
Pousio	2,1 d	3,8 a	2,6 a	2,5 c	2,6 a	3,8 a	2,8 a	7,2 c	2,2 c	-	-
CV (%)	20,7	10,9	15,2	17,1	20,0	22,6	15,8	12,2	11,7	6,2	8,61

Fonte: Adaptado de Fabian (2009) e Torres e Pereira (2013).

Nota: Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% (Tukey).

(1)2001/2002 a 2006/2007, 2008/2009, 2011/2012. (2) 2000/2001, 2007/2008, 2009/2010, 2013/2014 e 2014/2015.

Tabela 2 - Constante de decomposição e tempo de meia-vida da biomassa seca das plantas de cobertura (braquiária, crotalária, milheto) e pousio (vegetação espontânea), durante o ciclo das culturas de milho e soja, semeadas em setembro/outubro (2000 e 2009) e março/abril (2001, 2004, 2005 e 2006), em Uberaba, MG

Cobertura	Biomassa seca					
	Milho			Soja		
	K	T ^{1/2}	r ²	K	T ^{1/2}	r ²
	g/g	Dias		g/g	Dias	
2000/2001						
Braquiária	0,0132	52	0,96 *	0,0115	60	0,95 *
Crotalária	0,0067	103	0,92 *	0,0074	94	0,97 **
Milheto	0,0053	131	0,97 **	0,0053	131	0,96 **
Pousio	0,0107	65	0,98 **	0,0128	54	0,95 **
2001/2002						
Braquiária	0,0090	77	0,99 **	0,0089	78	0,99 **
Crotalária	0,0046	151	0,97 **	0,0056	124	0,99 **
Milheto	0,0062	112	0,98 **	0,0058	119	0,97 **
Pousio	0,0047	147	0,99 **	0,0050	139	0,98 **
2004/2005						
Braquiária	0,0095	73	0,95 **	0,0147	52	0,88 **
Crotalária	0,0050	139	0,98 *	0,0057	122	0,93 *
Milheto	0,0052	137	0,97 *	0,0062	115	0,90 **
Pousio	0,0067	109	0,95 **	0,0105	82	0,95 *
2005/2006						
Braquiária	0,0103	67	0,94 **	0,0166	42	0,82 *
Crotalária	0,0051	136	0,99 *	0,0057	122	0,92 **
Milheto	0,0046	151	0,98 *	0,0065	114	0,87 *
Pousio	0,0079	88	0,94 **	0,0149	47	0,97 **
2006/2007						
Braquiária	0,0091	76	0,93 *	0,0187	37	0,83 *
Crotalária	0,0053	131	0,98 *	0,0058	120	0,87 *
Milheto	0,0047	147	0,96 *	0,0062	112	0,85 *
Pousio	0,0075	92	0,93 *	0,0116	60	0,89 *
2009/2010						
Braquiária	0,0112	62	0,96 **	0,0120	58	0,98 *
Crotalária	0,0122	57	0,98 *	0,0092	75	0,99 *
Milheto	0,0086	80	0,98 *	0,0066	105	0,99 *
Pousio	0,0104	67	0,93 **	0,0069	100	0,95 **

Fonte: Fabian (2009) e Torres e Pereira (2013, 2014).

Nota: ** e * significativos (p<0,01) e (p<0,05), respectivamente.

k - Constante de decomposição; T^{1/2} - Tempo de meia-vida; r² - Coeficiente de determinação.

incidência de insetos-praga e doenças, baixa exigência nutricional e hídrica, elevada produção de massa verde (média de 40 t/ha) e alta relação C/N, os quais permitem a presença da palha por período mais longo. Possui ainda hábito de crescimento em touceira, o que resulta

em 100% de cobertura do solo, facilitando a semeadura. Pode ser semeada a lanço ou incorporada ao solo, auxilia na redução de patógenos em algumas culturas cultivadas, além de ser uma espécie com micorrização e recicladora de silício e excelente sequestradora de carbono.

Compactação e descontinuidade do SPD

Alguns estudos têm evidenciado que o SPD altera a qualidade estrutural do solo, à medida que os cultivos se sucedem, por causa do contínuo aporte de material orgânico decorrente dos resíduos vegetais,

da ação benéfica das raízes das plantas e da proteção oferecida à superfície do solo. Contudo, deve-se destacar que no SPD também podem ocorrer problemas de compactação, pois as características texturais e estruturais do solo continuam as mesmas.

Somente após alguns anos da não realização do revolvimento do solo é que as áreas sob SPD adquirem uma estrutura com resistência suficiente para suportar o tráfego sem mostrar compressibilidade significativa. Após este período o solo irá apresentar agregados mais densos, resistentes e mais próximos entre si (STONE; SILVEIRA; MOREIRA, 2006). Contudo, no SPD é comum a ocorrência da compactação na superfície do solo, o que, dependendo do grau, poderá prejudicar as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas.

Geralmente as máquinas utilizadas no SPD são mais pesadas, o que causa alterações na estrutura física do solo, formando uma compactação superficial, que tem sido apontada como um dos principais problemas observados em áreas de SPD. Gamero (2008) destaca que, quando há necessidade de descompactar o solo nas áreas agrícolas sob SPD, alguns agricultores optam pela mobilização do solo por meio de escarificadores e subsoladores, visando corrigir essa limitação. Estes implementos não promovem uma inversão de camadas, obtendo-se, com isso, menor alteração da estrutura do solo.

Em uma área cultivada em SPD há 17 anos ininterruptos, onde foram realizadas rotações de culturas, num Latossolo Vermelho distroférrico típico, com textura muito argilosa, Fidalski, Yagi e Tormenta (2015) observaram que o revolvimento ocasional do solo, com aração e gradagem em SPD consolidado, teve duração efêmera de seis meses na redução da densidade do solo, além disso, não houve aumentos de produtividade das culturas subsequentes à calagem e ao revolvimento do solo.

Drescher et al. (2011), em um Latossolo Vermelho distrófico húmico, com oito

anos em SPD, observaram que havia uma camada compactada na profundidade de 7 a 15 cm, que a intervenção mecânica nesse solo com aração ou escarificação mostrou potencial efêmero para mitigar a compactação. Contudo, o mecanismo rompedor de solo tipo disco + facão, que equipa a semeadora para plantio direto, mostrou-se mais efetivo em alterar os atributos físicos do solo avaliados.

A velocidade de deslocamento dos tratores durante as operações agrícolas também é apontada como um fator que influencia na modificação dos atributos físicos do solo. Taghavifar e Mardani (2013) avaliaram o efeito de diferentes velocidades na compactação do solo e concluíram que baixas velocidades de deslocamento aumentam a duração do contato entre o rodado e o solo, proporcionando maior tempo de aplicação de forças verticais e mais chances de ocorrer compactação.

Para amenizar o efeito de compactação, existem basicamente duas opções disponíveis ao produtor, que podem diminuir o peso da máquina e/ou aumentar a área de contato rodado-solo. Quando se pensa em aumentar a área de contato rodado-solo, é comum utilizar pneus mais largos e/ou rodados duplos, no entanto, esta área de contato pode ser aumentada também mediante o emprego de pneus de maior diâmetro (DEBIASI; FRANCHINI; GONÇALVES, 2008).

Outra opção seria diminuir a pressão aplicada pelos pneus no solo, que estaria relacionada com a calibragem utilizada. Feitosa et al. (2015) observaram que maiores pressões nos pneus dianteiros (110 kPa) e traseiros (124 kPa) do trator, combinadas com a velocidade de deslocamento de 1,51 m/s, ocasionaram maior redução na porosidade total.

Outra medida que visa à prevenção da compactação do solo é a de limitar ou controlar o tráfego a determinadas regiões dentro da lavoura. Esse procedimento permite dividir a lavoura em duas zonas, uma com baixo grau de compactação do solo,

adequada ao desenvolvimento de plantas, e outra compactada, ideal sob o ponto de vista do desempenho dos tratores, para que diminuam as perdas de potência por patinagem e resistência ao deslocamento da própria máquina, o que aumenta a capacidade operacional e reduz o consumo de combustível (DEBIASI; FRANCHINI; GONÇALVES, 2008).

Quando a compactação do solo é constatada em áreas sob SPD, algumas práticas podem ser realizadas para amenizar o problema. Contudo, a ação mais comum é a implantação de sistemas de rotação de culturas que envolvem espécies com sistema radicular vigoroso e profundo, as quais auxiliam na redução da compactação do solo. Caso esta rotação não resolva o problema, existem alternativas mecânicas.

A descompactação biológica pode ser realizada por plantas que tenham sistema radicular pivotante, capazes de crescer em camadas de solo compactado, formar bioporos estáveis e melhorar os atributos físicos do solo. A utilização de espécies de cobertura do solo capazes de romper camadas compactadas vem assumindo papel importante, principalmente na região do Cerrado, por causa do aumento de áreas sob SPD. Entretanto, não se deve restringir às espécies tradicionais (nabo forrageiro, guandu e crotalária), uma vez que é possível a adoção de alternativas de sequência (amaranto, capim-pé-de-galinha) e épocas de semeadura (GONÇALVES et al., 2006).

Em um Latossolo Vermelho, com uma camada adensada a 15 cm de profundidade, as espécies capim-pé-de-galinha e *U. brizantha* destacam-se como promissoras nessas condições de cultivo. Podem, assim, ser indicadas como plantas com potencial descompactador (LIMA; PETTER; LEANDRO, 2015), pois apresentam bom desenvolvimento de parte aérea e raiz com densidades do solo com até 1,65 t/m³. A produção de biomassa seca da parte aérea de capim-pé-de-galinha e *U. brizantha* foi, em média, 80% superior, quando compa-



rada a *Crotalaria ochroleuca* e milho, na densidade de 1,5 t/m³.

Revolvimento do solo pelas semeadoras

Na maioria das semeadoras de plantio direto existem dois sistemas de rompedor de solo para a distribuição de sementes e de adubos, ou seja facão e disco duplo de corte. Em solo com boa cobertura de resíduos vegetais, o facão provoca um rastelamento dos resíduos e também aumenta o revolvimento do solo, e já com o disco duplo de corte ocorre distribuição superficial das sementes.

Em um Latossolo Vermelho distroférrico, Koakoski et al. (2007) observaram que a semeadura com o mecanismo rompedor do tipo facão proporcionou maior profundidade de deposição de sementes e porosidade do solo, menor distância entre sementes e menor resistência mecânica à penetração, em comparação ao disco duplo, na faixa localizada de 10 a 15 cm de profundidade.

Altikat, Celik e Gozubuyuk (2013) encontraram maiores porcentagens de sementes emergidas, quando utilizaram hastes sulcadoras, em comparação com mecanismos do tipo disco duplo e hastes com ponteiros aladas, constatando que este tipo de mecanismo é eficaz para o preparo localizado do solo em SPD. Entretanto, facões e hastes exigem maior esforço e consumo de combustível.

Plantas daninhas resistentes ao glifosato

Enquanto estava no seu auge de crescimento, o SPD dependia de uma variada gama de herbicidas para o efetivo controle das plantas daninhas. Entretanto, com o passar dos anos, o sistema começou a ficar mais dependente do glifosato para controlar essas plantas. Esta situação piorou ainda mais com o advento dos cultivos transgênicos, onde o glifosato foi utilizado repetidas vezes durante o período vegetativo, o que causou um número crescente de plantas daninhas resistentes (DESPCH, 2013).

Segundo Ikeda (2013), aplicações repetidas de glifosato podem alterar a composição específica de plantas daninhas nas lavouras, favorecendo a dominância de espécies tolerantes, dentre as quais destacam-se *Commelina benghalensis*, *Ipomoea* spp., *Richardia brasiliensis*, *Tridax procumbens*, *Spermacoce latifolia*, dentre outras. Mesmo que o controle químico seja um método eficiente para controlar as plantas daninhas, em SPD, se usado de maneira inadequada, pode onerar o custo de produção e não proporcionar a eficácia desejada.

Ikeda (2013) cita, ainda, que nos cultivos de soja RR, foram identificados biótipos resistentes ao glifosato de *Conyza canadensis* (buva) e *Conyza bonariensis* (buva), em 2005, *Conyza sumatrensis* (buva) e *Digitaria insularis* (capim-amargoso), em 2008. Casos de resistência com buva (*C. canadensis* e *C. bonariensis*) já foram identificados nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e São Paulo, enquanto que a resistência de *C. sumatrensis* foi observada no Paraná, e *D. insularis* tem apresentado resistência em vários locais do Paraná, Mato Grosso do Sul e no Paraguai.

A resistência geralmente passa a ser percebida na área quando se atinge a frequência crítica de 30% de plantas resistentes, ocorrendo normalmente em reboleiras que aumentam de tamanho com a aplicação repetitiva do herbicida até dominar a área (CHRISTOFFOLETI; LÓPEZ OVEJERO, 2008).

O controle cultural é outro método que deve ser considerado, ao realizar o manejo adequado com o estabelecimento rápido da cultura, tornando-a mais competitiva em relação às plantas daninhas. Outra forma é manejar estas plantas na pré-colheita e/ou pós-colheita, a fim de impedir ou reduzir a produção de suas sementes (IKEDA, 2013). No consórcio de milho safrinha com forrageiras como alternativa (cultivares de *U. decumbens*, *U. brizantha* e *U. ruziziensis*), ou mesmo a formação de pastagem com braquiárias em rotação com a soja.

Com o controle químico, Paula et al. (2011) realizaram associações de herbicidas, com mecanismos de ação distintos, para o controle de *C. bonariensis*, resistente ao herbicida glifosato. Observaram que foi satisfatório, quando utilizados os tratamentos com herbicidas pós-emergentes da cultura do trigo e tratamentos de glifosato + 2,4 D ou os tratamentos glifosato + 2,4-D ou glifosato + diuron + paraquat, na pré-semeadura da soja.

Moreira et al. (2010), com o objetivo de identificar herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza* spp., resistentes ao herbicida glifosato, com aplicações em diferentes estádios fenológicos da planta daninha, observaram que na aplicação, com plantas no estágio de dez folhas, o controle satisfatório foi obtido com aplicações de glifosato + bromacil + diuron (1.440 + 1.200 + 1.200 g/ha), glifosato + atrazina (1.440 + 1.500 g/ha) e glifosato + diuron (1.440 + 1.500 g/ha). E no estágio de pré-florescimento de *Conyza* spp., a aplicação do herbicida amônio-glufosinato, na dose de 400 g/ha, isolado ou associado a MSMA, bromacil + diuron, metsulfuron, carfentrazone e paraquat.

Financiamento e assistência técnica ao SPD

O Plano Agricultura de Baixo Carbono foi elaborado entre 2010 e 2011, para o período de vigência de 2010 a 2020, com o compromisso de realizar ações para reduzir e evitar emissões de gases do efeito estufa (GEEs), para o cumprimento foram definidas as seguintes ações (BRASIL, 2012):

- a) ampliar a utilização do SPD em 8 milhões de hectares;
- b) recuperar uma área de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas por meio do manejo adequado e adubação;
- c) aumentar a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e de Sistemas Agroflorestais (SAFs), em 4 milhões de hectares;

- d) fixação biológica de nitrogênio (FBN): ampliar o uso da fixação biológica em 5,5 milhões de hectares;
- e) promover as ações de reflorestamento no País, expandindo a área com florestas plantadas, atualmente, destinada à produção de fibras, madeira e celulose em 3,0 milhões de hectares, passando de 6,0 milhões de hectares para 9,0 milhões de hectares;
- f) ampliar o uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de metros cúbicos de dejetos de animais, para geração de energia e produção de composto orgânico.

Com o Plano, foi instituído o Programa ABC, com o objetivo de oferecer incentivos econômicos e financeiros aos produtores, por meio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2012). De acordo com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) foi liberado, no ano de 2010/2011, 418,5 milhões de reais; 2011/2012, 1.516,3 milhões; 2012/2013, 2.993,1 milhões; 2013/2014, 2.779,1 milhões e, na safra 2014/2015, houve uma estimativa de liberação de 3.500,0 milhões.

De acordo com ABC Observatório (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2014), mesmo com o aumento dos recursos contratados, este número ainda é pequeno diante do número de propriedades que podem e precisam ser beneficiadas. Além disso, o financiamento das ações do plano ABC indica grandes desequilíbrios regionais, sendo que estados do Norte e Nordeste detêm o menor número de contratos. O Programa também busca soluções para o seu principal entrave, que é o treinamento dos principais atores: setor financeiro, extensionistas rurais e produtores. Nesse sentido, o plano também contempla a capacitação dos atores, financiamento para pesquisas e, principalmente, a necessidade do monitoramento das atividades, tanto do ponto de vista financeiro, como do ponto de vista da eficiência na captura do carbono.

No entanto, as restrições de pessoal e de orçamento, principalmente do MAPA e do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), têm limitado as iniciativas para a divulgação do Programa e para a capacitação de produtores e de elaboradores de projetos: de 2011 a 2013, foram capacitados menos de 20 mil produtores e técnicos rurais, sendo que o Plano ABC prevê a capacitação de 19.940 técnicos e 935 mil produtores. Tal limitação não faz sentido diante da magnitude dos recursos que têm sido comprometidos pelo Tesouro Nacional com a equalização de juros do Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o surgimento do SPD no Brasil houve uma evolução na agricultura brasileira, principalmente em relação à conservação do solo. E para que o SPD seja sustentável e não haja a descontinuidade, o agricultor precisa conscientizar-se do uso dos princípios básicos, principalmente a rotação de culturas e a manutenção de uma cobertura permanente sobre a superfície do solo com resíduos culturais.

A cobertura com resíduos culturais é o grande desafio no plantio direto no Cerrado, principalmente pelo curto período de chuvas, pelas culturas que deixam quantidades insuficientes de palha para o recobrimento do solo e palhas que se decompõem rapidamente. No entanto as universidades e as instituições de pesquisa vêm proporcionando avanços com trabalhos técnicos e científicos, com estudos sobre rotação e sucessão para as diversas culturas no Cerrado.

A indústria de equipamentos agrícolas para o SPD tem evoluído e, no futuro, haverá equipamentos mais eficientes e com menor revolvimento. A indústria química precisa ampliar-se e desenvolver herbicidas com amplo espectro de ação para fazer alternância com o glifosado. Além disso, outros fatores extrínsecos são necessários para que haja mudanças como: ampliar o financiamento e aumentar o número de

extensionistas qualificados para prestar assistência aos produtores que utilizam o SPD.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo financiamento das pesquisas e pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

- ALTIKAT, S.; CELIK, A.; GOZUBUYUK, Z. Effects of various no-till seeders and stubble conditions on sowing performance and seed emergence of common vetch. **Soil and Tillage Research**, v.126, p.72-77, Jan. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, 2012. 173p.
- CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G. de; LLANILLO, R.F. **Plantio direto no sul do Brasil: fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista**. Londrina: IAPAR, 2012. 77p.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; LÓPEZ OVEJERO, R.F. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: CHRISTOFFOLETI, P.J. (Coord.). **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 3.ed.rev. e atual. Piracicaba: Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas, 2008. cap.1, p.9-34.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; GONÇALVES, S.L. **Manejo da compactação do solo em Sistemas de Produção de Soja sob semeadura direta**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 63).
- DERPSCH, R. Sistemas conservacionistas de produção: como assegurar a sua sustentabilidade? In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2013, Londrina. **Resumos...** Sistemas conservacionistas de produção e sua interação com a ciência solo. Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Estadual do Paraná: IAPAR, 2013. p.383-391.



- DRESCHER, M.S. et al. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.35, n.5, p.1713-1722, set./out. 2011.
- FABIAN, A.J. **Plantas de cobertura**: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação. 2009. 83f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.108-116.
- FEITOSA, J.R. et al. Influência da pressão interna dos pneus e da velocidade de deslocamento nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.1, p.117-127, jan./fev. 2015.
- FIDALSKI, J.; YAGI, R.; TORMENA, C.A. Revolvimento ocasional e calagem em Latossolo muito argiloso em Sistema Plantio Direto consolidado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.39, n.5, p.1483-1489, set./out. 2015.
- FIDELIS, R.R. et al. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.19, n.1, p.23-31, jan./abr. 2003.
- FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Centro de Agronegócio da Escola de Economia de São Paulo. **Agricultura de baixa emissão de carbono**: a evolução de um novo paradigma. São Paulo, [2014]. 192p. Projeto ABC Observatório Agricultura de Baixo Carbono. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/15353/Agricultura%20de%20baixa%20emiss%C3%A3o%20de%20carbono%20A%20evolu%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20novo%20paradigma.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2017.
- GAMERO, A.C. **Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curvatura lateral (“paraplow”), em função de diferentes velocidades de deslocamento e profundidades de trabalho**. 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2008.
- GARCIA, C M. de P. et al. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v.73, n.2, p.143-152, abr./jun. 2014.
- GONÇALVES, W.G. et al. Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.67-75, jan./abr. 2006.
- GUARESCHI, R.F.; PEREIRA, M.G. Cerrado: O que vem sendo realmente praticado. **A Granja**, n.795, p.71-73, mar. 2015.
- IKEDA, F.S. Resistência de plantas daninhas em soja resistente ao glifosato. **Informe Agropecuário**. Defesa vegetal e sustentabilidade para o agronegócio, Belo Horizonte, v.34, n.276. p.58-65, set./out. 2013.
- KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M. da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.21-28, jan./abr. 2006.
- KOAKOSKI, A. et al. Desempenho de semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.5, p.725-731, maio 2007.
- LIMA, L.B. de; PETTER, F.A.; LEANDRO, W.M. Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.11, p.1064-1071, nov. 2015.
- MAROCHI, A.I. Manejo de plantas de cobertura no Sistema Plantio Direto. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.116, p.4-5, dez. 2006.
- MITTMANN, L.M. O solo responde ao tratamento recebido. **A Granja**, Porto Alegre, n.795, p.26-28, mar. 2015.
- MOREIRA, M.S. et al. Herbicidas alternativos para controle de biótipos de *Conyza bonariensis* e *C. canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.28, n.1, p.167-175, 2010.
- MOTTER, P.; ALMEIDA, H.G. Contexto histórico do surgimento do plantio direto no Brasil. In: MOTTER, P.; ALMEIDA, H.G. de (Coord.). **Plantio direto**: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. v.1, p.10-14.
- PAULA, J.M. et al. Manejo de *Conyza bonariensis* resistente ao herbicida glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.29, n.1, p.217-227, jan./mar. 2011.
- SAMEK, J. A revolução que começou no Paraná e mudou a agricultura brasileira. In: MOTTER, P.; ALMEIDA, H.G. (Coord.). **Plantio direto**: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. v.1, p.5-6.
- SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. (Ed.). **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. 116p.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da; MOREIRA, J.A.A. **Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 40p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 191).
- TAGHAVIFAR, H.; MARDANI, A. Effect of velocity, wheel load and multipass on soil compaction. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.13, n.1, p.57-66, Jan. 2013.
- TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do Sistema Plantio Direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.617-622, 2007.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dificuldades e soluções da semeadura direta no Cerrado. **A Granja**, Porto Alegre, n.770, p.61-63, fev. 2013.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Produção e decomposição de resíduos culturais antecedendo milho e soja num latossolo no Cerrado mineiro. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.4, p.419-426, out./dez. 2014.
- TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; LOSS, A. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes das coberturas de solo utilizadas no sistema de semeadura direta no Cerrado. In: AMARAL SOBRINHO, N.M.B. do; CHAGAS, C.I.; ZONTA, E. (Org.). **Impactos ambientais provenientes da produção agrícola**: experiências argentinas e brasileiras. São Paulo: Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2016. part.2, p.305-338.





AGOSTO 2018
ED. 2018 | R\$ 35,00
WWW.EXAME.COM

EDIÇÃO ESPECIAL

EXAME



MELHORES & MAIORES

As **1000** MAIORES
EMPRESAS
DO BRASIL

Emater-MG, a única empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Brasil a configurar entre as 400 maiores empresas do Agronegócio do país, pela revista Exame, edição Melhores e Maiores 2018

INFORME
AGROPECUARIO



INFORME
AGROPECUARIO

Rotação e sucessão de culturas: formação de palha para o Sistema Plantio Direto de Qualidade no Cerrado

Fábio Luiz Checchio Mingotte¹, Leandro Borges Lemos²

Resumo - A sustentabilidade do Sistema Plantio Direto (SPD) em regiões tropicais, principalmente de clima quente e chuvoso no verão e seco no inverno, vem sendo discutida. Nessas regiões, o maior desafio está na formação e na manutenção da palha, em razão da alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais e da dificuldade de sua produção na entressafra. Para contornar tal situação, recomenda-se o cultivo de espécies vegetais que proporcionem elevada quantidade de palha com equilibrada relação carbono/nitrogênio (C/N), com destaque para as braquiárias e crotalárias em cultivos exclusivos e em consórcio com o milho e/ou sorgo, mucunas, milheto, *Panicum* spp. e guandu. Além da elevada produção e persistência da palha, tais espécies têm sido consideradas plantas melhoradoras do ambiente solo, pelos de seus sistemas radiculares agressivos, com capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN), associação com microrganismos, favorecendo a mineralização de nutrientes e ampliando a capacidade produtiva do solo e até mesmo na redução populacional de alguns fitopatógenos a exemplo dos nematoides. O cultivo de braquiárias, como plantas de cobertura do solo, tem sido uma das tecnologias mais amplamente utilizadas no Cerrado. O consórcio entre culturas graníferas e forrageiras gramíneas e/ou leguminosas tem-se destacado como alternativa sustentável de recuperação de pastagens degradadas, permitindo sucesso na implantação de Sistemas Integração Lavoura Pecuária (ILP) e Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF). Ao considerar o sistema de produção como um todo, devem-se observar as particularidades regionais, além da viabilidade econômica na implantação de uma determinada espécie vegetal e seus efeitos agronômicos e qualitativos nas lavouras em rotação/sucessão.

Palavras-chave: Agricultura conservacionista. Agricultura de baixa emissão de carbono. Cobertura morta. Reciclagem de nutrientes. Sustentabilidade.

Crop rotation and succession: straw mulching for the no-tillage system quality on the Cerrado

Abstract - The sustainability of the no-tillage system in tropical regions, mainly under high temperatures and excessive rainfall in summer and dry periods in winter, has been discussed. In these regions, the greatest challenge lies in the formation and maintenance of straw, due to the high rate of decomposition of plant residues, and the difficulty of their production in the out season. In order to overcome this situation, it has been recommended the crop of plant species that provide a high amount of straw with a balanced carbon/nitrogen ratio, especially for *Urochloa* sp. and *Crotalaria* sp. in exclusive crops and intercropped with corn (*Zea mays*) and/or sorghum (*Sorghum bicolor*), *Mucuna* sp., millet (*Pennisetum glaucum*), *Panicum* sp., and pigeon pea (*Cajanus cajan*). In addition to the high yield and persistence of straw, these species have been considered soil improver plants due to the benefits of their aggressive root systems, with biological nitrogen fixation capacity, association with microorganisms favoring nutrient mineralization and increasing productive capacity of the soil and even in the population reduction of some plant pathogens, such as nematodes. Brachiaria cultivation, such as soil cover plants, has been one of the most widely used technologies in the Cerrado (Brazilian Savanna). The intercropping grains and forage grasses and/or leguminous species has stood out as a sustainable alternative in the recovery of degraded pastures, allowing success in the implantation of integrated crop-livestock-forest systems. When considering the cropping system as a whole, it is necessary to observe the regional particularities, besides the economic viability in the implantation of a certain vegetal species and its agronomic, and qualitative effects in the rotation/succession crops.

Keywords: Agriculture conservation. Low carbon agriculture. Straw mulching. Nutrients recycling. Sustainability.

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Substituto UNESP - FCAV - Depto. Produção Vegetal, Jaboticabal, SP, fabio.mingotte@unesp.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Assist. UNESP - FCAV - Depto. Produção Vegetal/Bolsista CNPq, Jaboticabal, SP, leandro.lemos@unesp.br



INTRODUÇÃO

No Sistema Plantio Direto (SPD) preconiza-se o não revolvimento do solo, a rotação/sucessão de culturas e a formação de cobertura morta em sua superfície, sendo também as premissas básicas da agricultura conservacionista. No entanto, a sustentabilidade do SPD em regiões tropicais, principalmente de clima quente e chuvoso no verão e seco no inverno, vem sendo alvo de discussões científicas. Nessas regiões, o maior desafio está na formação e na manutenção da palha, em razão da alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais e da dificuldade de sua produção na entressafra. Para contornar tal situação, tem-se recomendado o cultivo de espécies vegetais que proporcionem elevada quantidade de palha com equilibrada relação carbono/nitrogênio (C/N). Dessa forma, diversas espécies apresentam potencial para viabilizar o SPD de Qualidade no Cerrado, além de promover incrementos positivos aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Adicionalmente, na rotação/sucessão de culturas devem-se considerar as diferentes exigências nutricionais e a capacidade de aproveitamento de nutrientes, resultando no uso eficiente de fertilizantes. Neste aspecto, ocorre necessidade de aprofundamento nos estudos relacionados com o uso de espécies vegetais como opções de cobertura do solo, seja em cultivos exclusivos seja em cultivos consorciados. No entanto, a possibilidade da ocorrência de competição interespecífica durante o consórcio, dentre outras particularidades, exige aprofundamento de investigações científicas para sua consolidação tecnológica.

PLANTAS PRODUTORAS DE PALHA PARA O SPD DE QUALIDADE NO BIOMA CERRADO

Braquiárias em cultivos exclusivo e consorciado com milho

No SPD de Qualidade é importante priorizar a cobertura do solo, principalmente em áreas degradadas. O uso de gramíneas na rotação de culturas pro-

porciona alto potencial de produção de palha de elevada relação C/N, e garante a manutenção de cobertura do solo, dentro da quantidade mínima preconizada e por maior tempo de permanência na superfície. Com isso deverá haver a manutenção e/ou incremento dos teores de matéria orgânica (MO), melhorando a disponibilidade de nutrientes para as culturas subsequentes. Neste contexto, as braquiárias apresentam-se como excelentes alternativas em áreas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

De acordo com Aidar, Kluthcouski e Cobucci (2007), as principais vantagens da braquiária e de sua palha ao SPD de Qualidade são:

- disponibilidade de sementes, rusticidade e ampla adaptação, por causa, principalmente, de sua reduzida exigência nutricional e hídrica;
- espécie com micorrização e recicladora de silício e excelente sequestradora de carbono;
- excelente opção na ILP e ILPF, por sua qualidade como forragem para alimentação animal;
- possui hábito de crescimento em touceira e elevada produção de palha, com maior eficiência na cobertura da superfície do solo, resultando na conservação de água e menor variação na temperatura;
- maior longevidade na cobertura do solo, em razão da lenta decomposição de seus resíduos;
- baixa incidência de insetos-praga e doenças, sendo ainda favorável ao controle e minimização das doenças, como o mofo-branco, podridão-radicular-seca ou podridões por *Fusarium* e *Rhizoctonia*, por ação isolante ou alelopática, causada pela microflora do solo sobre os patógenos;
- maior capacidade de supressão física das plantas daninhas, reduzindo o uso de herbicidas pós-emergentes, sendo ainda uma planta de fácil manejo químico.

Embora as braquiárias *Urochloa brizantha* e *Urochloa decumbens* sejam as mais cultivadas em pastagens, a *Urochloa ruziziensis* vem sendo direcionada para a formação de palha, visando à implantação e à consolidação do SPD de Qualidade, seja por meio do uso exclusivo, ou consorciado com o milho. Neste último caso, denominado de sistema Santa Fé.

Ceccon et al. (2013) avaliaram a produtividade de resíduos das espécies e de grãos de soja (*Glycine max* L. Merrill) e de milho safrinha em sucessão em Dourados, Batayporã e São Gabriel do Oeste, MS. No referido trabalho, foram avaliados tratamentos de milho safrinha consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu; *U. decumbens* cv. Basilisk; *U. ruziziensis* cv. Comum; *Panicum maximum* cv. Tanzânia; *Crotalaria juncea*; guandu (*Cajanus cajan* L. Millsp.), e também o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench); *U. ruziziensis* e o milho safrinha cultivados exclusivamente. Os pesquisadores observaram que a produtividade de grãos do milho não foi influenciada pelas espécies em consórcio. A matéria seca (MS) da parte aérea foi superior no consórcio com Tanzânia (10,7 t/ha), Marandu (10,1 t/ha) e *U. ruziziensis* (9,8 t/ha) do que com o milho exclusivo (4,0 t/ha). Os consórcios resultaram em incrementos no recobrimento da superfície do solo em virtude dos resíduos vegetais produzidos, com grande destaque para milho + *P. maximum*, milho + *U. brizantha* e milho + *U. ruziziensis*, promovendo em média 65%, 68% e 74%, respectivamente. A produtividade de grãos da soja e do milho safrinha foram superiores na sucessão com *U. ruziziensis* exclusiva e após milho safrinha consorciado com *U. ruziziensis* (Tabela 1).

O consórcio entre milho e forrageiras do gênero *Urochloa*, que visa a produção de palha e a viabilidade do SPD de Qualidade, tem-se destacado nos últimos anos, sendo inclusive indicado no zoneamento agroclimático nos estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná. Contudo, para que ocorra a consolidação desta tecnologia,



Tabela 1 - Produtividade de grãos de soja e de milho safrinha em função da cultura antecessora, na safra 2005/2006 – Dourados, Batayporã e São Gabriel do Oeste, MS

Cultura antecessora	Dourados	Batayporã	São Gabriel do Oeste
	Produtividade de grãos - soja (t/ha)		
Milho	2,6 Bc	3,1 Ae	3,2 Ade
Milho + <i>Panicum maximum</i>	2,8 Bbc	3,6A abcd	3,5 Abcd
Milho + <i>Urochloa brizantha</i>	2,5 Cc	3,9 Aab	3,1 Bd
Milho + <i>Urochloa ruziziensis</i>	3,0 Babc	3,6 Aabcde	3,4 Abcd
Milho + <i>Crotalaria juncea</i>	3,0 Babc	3,4A bcde	3,6 Aabcd
Milho + guandu	2,0 Cd	3,2 Ade	2,8 Be
Sorgo	2,6 Bc	3,3 Acde	3,4 Abcd
<i>U. ruziziensis</i>	3,2 Bab	3,5 Abcde	3,8 Aab
Produtividade de grãos - milho safrinha (t/ha)			
Milho	3,2 Ade	1,4 Bab	3,1 Ac
Milho + <i>P. maximum</i>	3,1 Ae	1,4 Bab	3,1 Ac
Milho + <i>U. brizantha</i>	3,6 Abcd	1,3 Cb	3,0 Bc
Milho + <i>U. ruziziensis</i>	3,5 Acde	1,5 Bab	3,6 Aab
Milho + <i>C. juncea</i>	3,9 Aabc	1,2 Cb	3,7 Aab
Milho + guandu	3,6 Abcd	1,7 Cab	3,2 Bbc
Sorgo	4,2 Aab	1,5 Cab	3,5 Babc
<i>U. ruziziensis</i>	3,9 Aabc	1,6 Bab	3,8 Aab

Fonte: Adaptado de Ceccon et al. (2013).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

é fundamental o conhecimento sobre a influência de sistemas de rotação ou sucessão de culturas, além do uso e manejo de adubações em cultivos antecessores e subsequentes. Com essa finalidade, trabalhos de pesquisa desenvolvidos na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), de Jaboticabal, SP, durante cinco safras consecutivas, têm demonstrado a viabilidade do consórcio do milho com braquiária, em especial *U. ruziziensis*, pela obtenção de produtividades de grãos semelhantes ao cultivo exclusivo (Gráfico 1 e Fig. 1).

No SPD de Qualidade, a cobertura do solo deve ser priorizada, de modo que a sucessão de culturas proporcione alta produção de palha com elevada relação C/N. Nesse sentido, com relação à necessidade de reposição de palha para a manutenção da qualidade do SPD por meio da rotação/

sucessão de culturas, pesquisas realizadas por Fiorentin et al. (2011), Carmeis Filho et al. (2014), Mingotte et al. (2014), Cunha et al. (2015) e Amaral et al. (2016) indicam que o cultivo exclusivo de braquiária (*U. ruziziensis*) proporciona maiores quantidades produzidas no momento da semeadura do feijoeiro em sucessão, enquanto o consórcio milho + *U. ruziziensis* resulta em quantidades intermediárias e o cultivo do milho exclusivamente apresenta menores quantidades (Gráfico 1 e Fig. 2).

Quanto à decomposição dos resíduos vegetais, relações C/N entre 12 e 25 incrementam a taxa de mineralização, enquanto valores superiores a 50 favorecem a imobilização, resíduos vegetais com relação C/N entre 25 e 30 resultam em equilíbrio entre as taxas de mineralização e a imobilização. Dessa forma, vale destacar que a relação C/N da palha de milho (76/1), no

momento da colheita, é superior à da palha de *U. ruziziensis* (26/1), o que a caracteriza como material de decomposição mais lenta e gradual, sendo interessante intermediária no consórcio (35/1) (AMARAL, 2014).

Com relação ao recobrimento da superfície do solo, as pesquisas demonstraram superioridade nos sistemas de cultivo, em que a *U. ruziziensis* está inserida, seja consorciada ao milho ou cultivada exclusivamente, resultando em 100% de cobertura do solo (Gráfico 1 e Fig. 3). Estes resultados indicam que a adoção do consórcio entre milho e *U. ruziziensis* permite, além da produção de grãos, formação de palha aliada ao adequado recobrimento da superfície do solo, quando comparado ao milho exclusivo, visando ao cultivo do feijoeiro em sucessão.

Embora diversos trabalhos apontem que o uso de *U. ruziziensis*, num sistema de rotação/sucessão de culturas, seja de forma exclusiva ou consorciada com o milho, favoreça a formação de palha suficiente para o total recobrimento da superfície do solo e, ao mesmo tempo, possibilite produtividade de grãos similar ao milho exclusivo (FIORENTIN, 2011; MINGOTTE, 2011; CARMEIS FILHO, 2013; CUNHA, 2013; AMARAL, 2014), pode ocorrer redução na atividade fotossintética; incrementando a velocidade de senescência foliar do milho, por causa da competição exercida por *U. ruziziensis* (FIORENTIN, 2011). Essa observação deve ser levada em conta, uma vez que a modalidade de consórcio, a época de cultivo, o potencial genético das cultivares/híbridos, a potencialidade de competição e a agressividade da forrageira, bem como outros fatores bióticos e abióticos, podem influenciar no desempenho produtivo do milho em sistemas de cultivo em consórcio.

Por outro lado, o feijoeiro é uma das principais culturas de entressafra, sendo explorado em áreas irrigadas na Região Central e Sudeste do Brasil, principalmente no SPD em sucessão ao milho e à braquiária em cultivos exclusivos ou em consórcio. Além disso, destaca-se como interessante opção em sistemas de rotação de culturas por



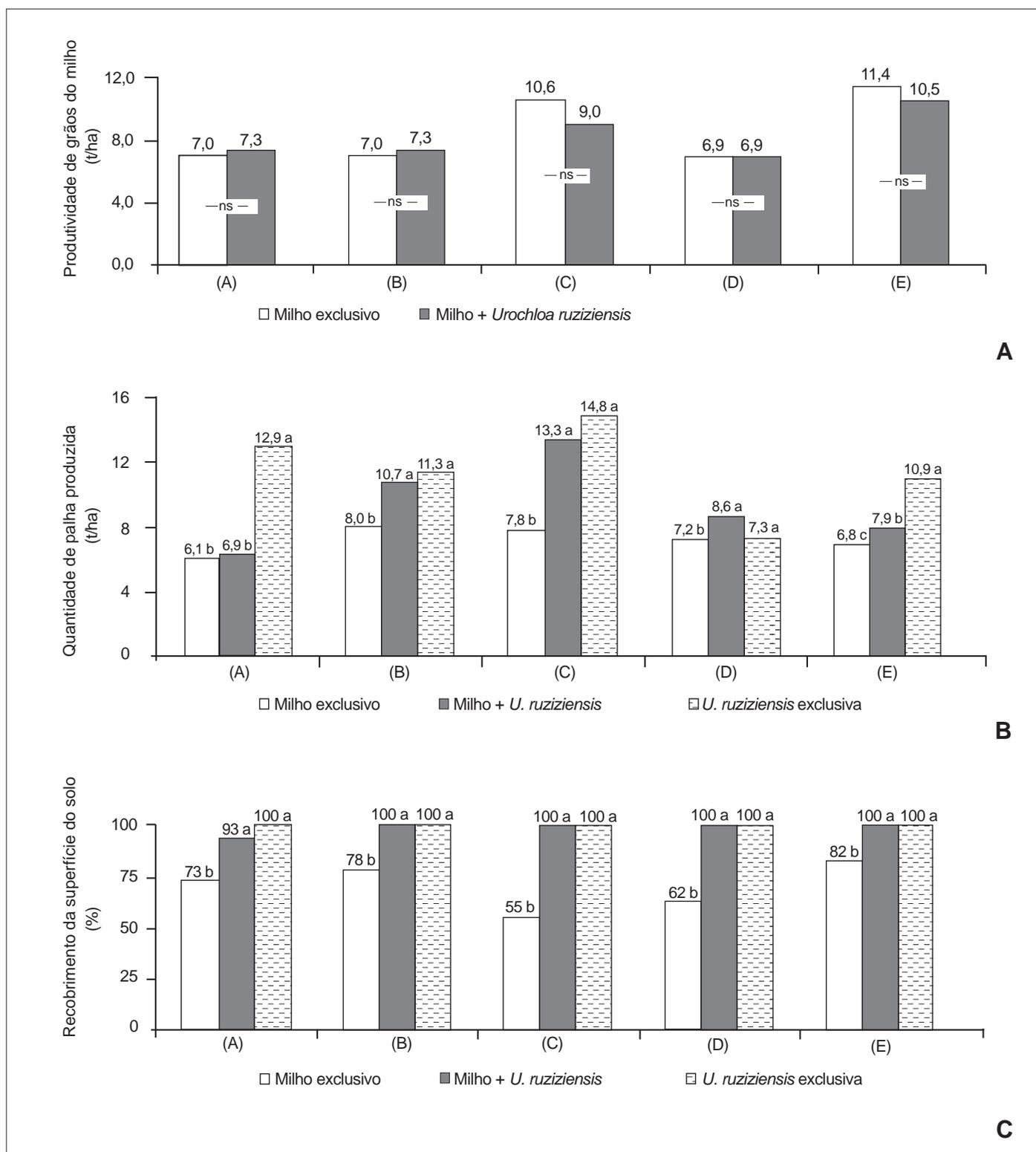


Gráfico 1 - Sistema de cultivo antecedente e respectiva produtividade de grãos, quantidade de palha e recobrimento da superfície do solo, em Latossolo Vermelho Eutroférrico de textura argilosa, sob clima Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com altitude média de 565 m – Jaboticabal, SP

Fonte: (A) Fiorentin (2011), (B) Mingotte (2011), (C) Cunha (2013), (D) Carmeis Filho (2013) e (E) Amaral (2014).

Nota: Letras minúsculas iguais entre sistemas de cultivo dentro do mesmo trabalho não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ns - Não significativo pelo teste F ($p < 0,05$).

(A) Milho híbrido DKB390, *U. ruziziensis* cultivar comum; (B) Milho híbrido DKB390 YG, *U. ruziziensis* cultivar comum; (C) Milho híbrido DKB390 YG, *U. ruziziensis* cultivar comum; (D) Milho híbrido DKB390 PRO2, *U. ruziziensis* cultivar comum; (E) Milho híbrido AG 7088 VTPRO2, *U. ruziziensis* cultivar comum.



Fotos: Fábio Luiz Checchio Mingotte

Figura 1 - Sistema de cultivo de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* objetivando formação e manutenção de palha na implantação do Sistema Plantio Direto (SPD) de Qualidade no Cerrado

Nota: A - Desenvolvimento inicial do milho e da *U. ruziziensis* semeados simultaneamente; B - Milho próximo à colheita e aspecto geral da *U. ruziziensis* em consórcio.



Fotos: Leandro Borges Lemos

Figura 2 - Formação de palha de *Urochloa ruziziensis* antecedendo o cultivo do feijoeiro no Sistema Plantio Direto (SPD) de Qualidade no Cerrado

Nota: A e B - Semeadura e desenvolvimento do feijoeiro sobre palha de *U. ruziziensis*.



Fotos: Fábio Luiz Checchio Mingotte

Figura 3 - Cultura do feijoeiro em sucessão às culturas antecessoras formadoras de palha para o Sistema Plantio Direto (SPD) de Qualidade no Cerrado

Nota: A, B e C - Desenvolvimento inicial do feijoeiro sobre palha de milho em cultivo exclusivo e consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva, respectivamente.

apresentar ciclo curto (75 a 90 dias), fixação biológica de nitrogênio (FBN), possibilidade de exploração em épocas distintas (safra das águas, da seca e de inverno), dependendo da região ou local de cultivo, além do potencial produtivo e alta rentabilidade financeira (LEMOS; FARINELLI; MINGOTTE, 2015).

Nos trabalhos de pesquisa desenvolvidos pela equipe técnica da Embrapa Arroz e Feijão, Aidar et al. (2005) avaliaram a produtividade do feijoeiro, em sucessão à soja, ao arroz e ao milho, consorciado com braquiária, em Santa Helena de Goiás, GO, em área no SPD por mais de 15 anos. Verificaram maior produtividade de grãos do feijoeiro após milho consorciado com braquiária, em comparação às demais sucessões. Nas condições de Jaboticabal, SP, as melhores produtividades de grãos do feijoeiro irrigado foram obtidas em sucessão a cultivos com a presença da *U. ruziziensis*, quando em consórcio com o milho ou cultivada exclusivamente (Gráfico 2).

Adbos verdes em cultivos exclusivo e consorciado com milho

Outro aspecto importante dentro do SPD de Qualidade, refere-se à escolha

das culturas componentes do esquema de sucessão/rotação. Essas culturas devem atender a algumas premissas básicas, tais como as diferentes exigências nutricionais e a capacidade de aproveitamento de nutrientes, com destaque para os fertilizantes nitrogenados. Dessa forma, um exemplo de sucesso na consorciação entre milho e adubos verdes, especificamente com guandu-anão (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*), é o Sistema Santa Brígida (OLIVEIRA et al., 2010). A inserção de adubos verdes em sistemas integrados de produção, além de permitir aumento do aporte de nitrogênio (N) no solo via FBN, promove efeitos benéficos na cultura subsequente, reduzindo a necessidade de aplicação de N mineral.

Nesse sentido, Oliveira et al. (2010) verificaram na cultura do feijoeiro, as maiores produtividades sobre palha de milho com leguminosas mesmo sem o fornecimento de N em cobertura, em Santo Antônio de Goiás, GO (Tabela 2). Essa observação indica que o N presente na leguminosa, proveniente da fixação biológica ou da mineralização, foi suficiente para a obtenção de 3.072 kg/ha de feijão (milho+guandu -

sem N) e 2.954 kg/ha (milho+crotalária - sem N). As produtividades mais baixas de feijão foram obtidas quando o cultivo foi realizado na palha de milho em monocultivo, mesmo com aplicação de 90 kg/ha de N. Ressalta-se que não houve interação entre palha de cobertura do solo e doses de N em cobertura, ou seja, o feijoeiro respondeu às doses de N de maneira semelhante em todas as palhas.

Nessa mesma linha de pesquisa, Souza (2016) verificou que o feijoeiro cultivado após o milho consorciado com *C. spectabilis* apresentou maiores produtividades de grãos para todas as doses de N, inclusive quando não houve fornecimento do nutriente via adubação de cobertura, em comparação ao feijoeiro após milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* (Gráfico 3). Esta superioridade para a produtividade de grãos na dose 0 de N, ou seja, quando não houve adubação de cobertura, foi maior que 500 kg/ha, evidenciando que, ao se cultivar o feijoeiro em sucessão ao consórcio milho e crotalária, na situação de solo e de fertilidade da área experimental (Latossolo Vermelho eutroférico, textura argilosa, com saturação por bases de 72%), em SPD

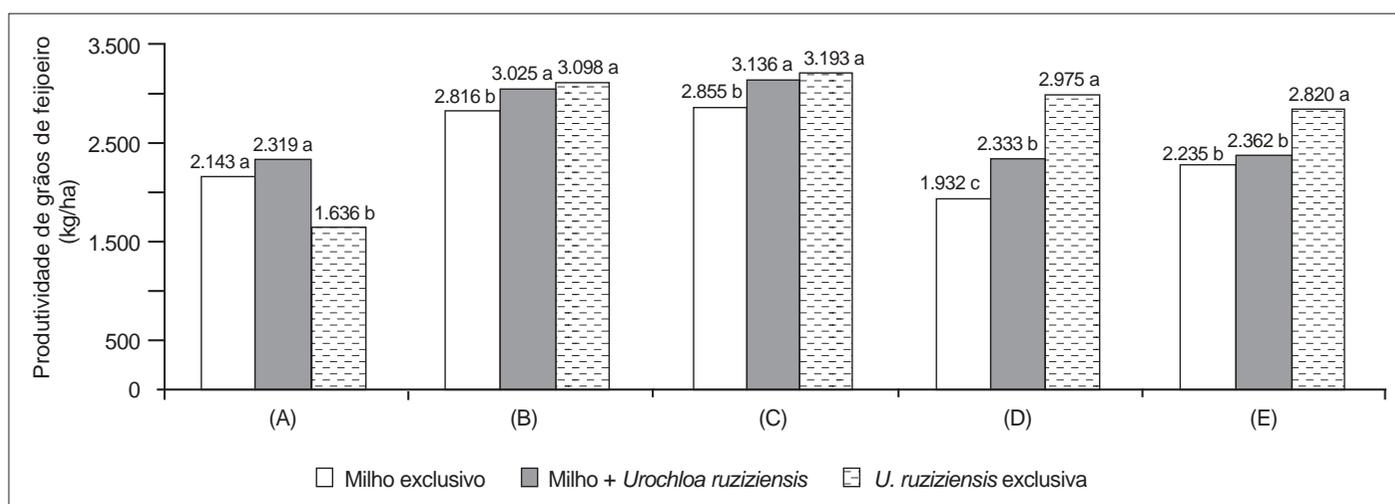


Gráfico 2 - Produtividade de grãos do feijoeiro em sucessão a milho exclusivo, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *U. ruziziensis* exclusiva em Jaboticabal, SP, em Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa, sob clima Aw, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com altitude média de 565 m

Fonte: (A) Fiorentin (2011), (B) Mingotte (2011), (C) Cunha (2013), (D) Carmeis Filho (2013) e (E) Amaral (2014).

Nota: Letras minúsculas iguais entre sistemas de cultivo dentro do mesmo trabalho não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

(A) Feijoeiro Pérola; (B) Feijoeiro IPR139 Juriti-claro; (C) Feijoeiro IAC Formoso; (D) Feijoeiro IAC Formoso; (E) Feijoeiro IPR Andorinha.

Tabela 2 - Produtividade do feijoeiro, BRS Radiante, em sucessão à palha de milho com leguminosas, safra inverno 2009 – Santo Antônio de Goiás, GO

Palha	Produtividade (kg/ha)				Média
	Doses de N (kg/ha)				
	0	40	80	120	
Monocultivo de milho (sem N)	2.646	2.823	3.044	3.076	2.897 abc
Monocultivo de milho (30 kg/ha de ¹⁵ N)	2.686	2.601	2.946	2.682	2.729 c
Monocultivo de milho (60 kg/ha de N)	2.635	2.657	2.751	2.770	2.703 c
Monocultivo de milho (90 kg/ha de N)	2.684	2.753	2.822	2.849	2.777 bc
Milho + guandu-anão (sem N)	3.102	2.920	2.935	3.328	3.072 a
Milho + guandu-anão (90 kg/ha de N)	3.023	3.006	2.901	3.265	3.049 a
Milho + crotalária (sem N)	2.913	2.719	2.969	3.215	2.954 ab
Milho + crotalária (90 kg/ha de N)	2.846	2.973	2.957	3.106	2.970 ab
Braquiária	2.787	2.892	3.122	3.161	2.991 ab
Média	2.814 B	2.816 B	2.939 A	3.050 A	-

Fonte: Oliveira et al. (2010).

Nota: Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre palha, e maiúscula entre doses, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

(1) Nitrogênio, na forma de ureia, aplicado aos 20 dias após a emergência da cultura.

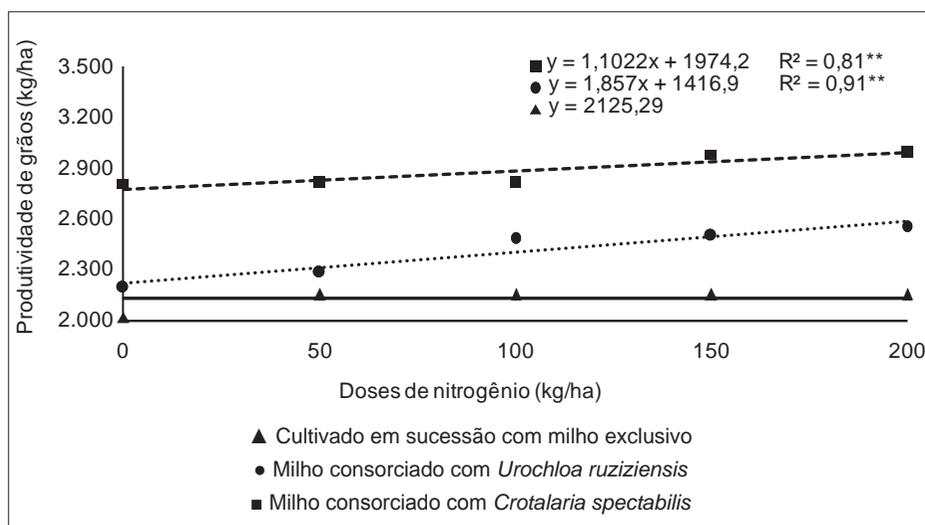


Gráfico 3 - Desdobramento da interação entre sistemas de cultivo e doses de nitrogênio referente à produtividade de grãos do feijoeiro, cultivar IAC Alvorada, em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura, na safra inverno-primavera 2015 – Jaboticabal, SP

Fonte: Souza (2016).

Nota: **Significativo pelo teste t ($p < 0,01$).

consolidado, pode haver economia com fertilizantes nitrogenados e a adubação de cobertura pode ser reduzida drasticamente ou até mesmo ser descartada. Além disso, o sistema de cultivo de milho consorciado com *C. spectabilis* foi mais vantajoso para

o SPD, na produção e acúmulo de N da palha, obtendo produtividade de grãos semelhante ao milho exclusivo e consorciado com *U. ruziziensis* (Gráfico 4 e Fig. 4).

Kappes e Zancanaro (2015), em Itiquira, MT, avaliaram os efeitos dos con-

sórcios simultâneos entre milho (safra e safrinha) e *U. ruziziensis*, *C. ochroleuca*, *C. juncea* e *C. spectabilis* na linha de semeadura, na entrelinha e a lanço, antecedendo a cultura da soja e do milho safrinha. Verificaram reduzida produtividade de grãos no milho, no verão, obtendo 3,3; 4,8 e 4,3 t/ha, quando consorciado com *C. juncea* na linha, na entrelinha e a lanço, respectivamente. Tal sistema forneceu consideráveis quantidades de palha (11,2; 9,3 e 9,1 t/ha) para a soja em sucessão, a qual teve sua produtividade de grãos incrementada (4,4; 4,1 e 3,9 t/ha). No cultivo safrinha, maiores produtividades de grãos de milho foram obtidas na ausência de consórcio no espaçamento de 0,45 m linhas entre (7,3 t/ha) e quando consorciado com *U. ruziziensis* a lanço (6,9 t/ha) e com *C. spectabilis* na linha de semeadura (6,8 t/ha).

Vale ressaltar que, por muito tempo, a prática da adubação verde com uso de espécies melhoradoras de solo foi empregada apenas como sinônimo de incorporação de N ao sistema e, sobretudo, com o uso exclusivo de leguminosas. Atualmente, recomenda-se o uso de gramíneas (milheto, aveia branca e preta, centeio e braquiárias), quando se objetiva a melhoria da estruturação do solo, a adição de MO ou a supressão de alguns patógenos e nematoides. O uso de gramíneas no sistema pode elevar o aporte de N no solo, por ação de fixadores livres na rizosfera dessas espécies, principalmente as bactérias do gênero *Azospirillum*. O uso de braquiárias pode ampliar a taxa de aeração do solo, a estabilidade de agregados e o desempenho das culturas subsequentes. O uso de leguminosas, além do tradicional aporte de N, também poderá proporcionar o aumento de fósforo (P), graças à capacidade de determinadas espécies em solubilizar o elemento indisponível para a maioria das plantas cultivadas, bem como pela facilidade de estabelecer associação com fungos micorrízicos, tal como ocorre com o guandu, a leucena e as crotalárias.

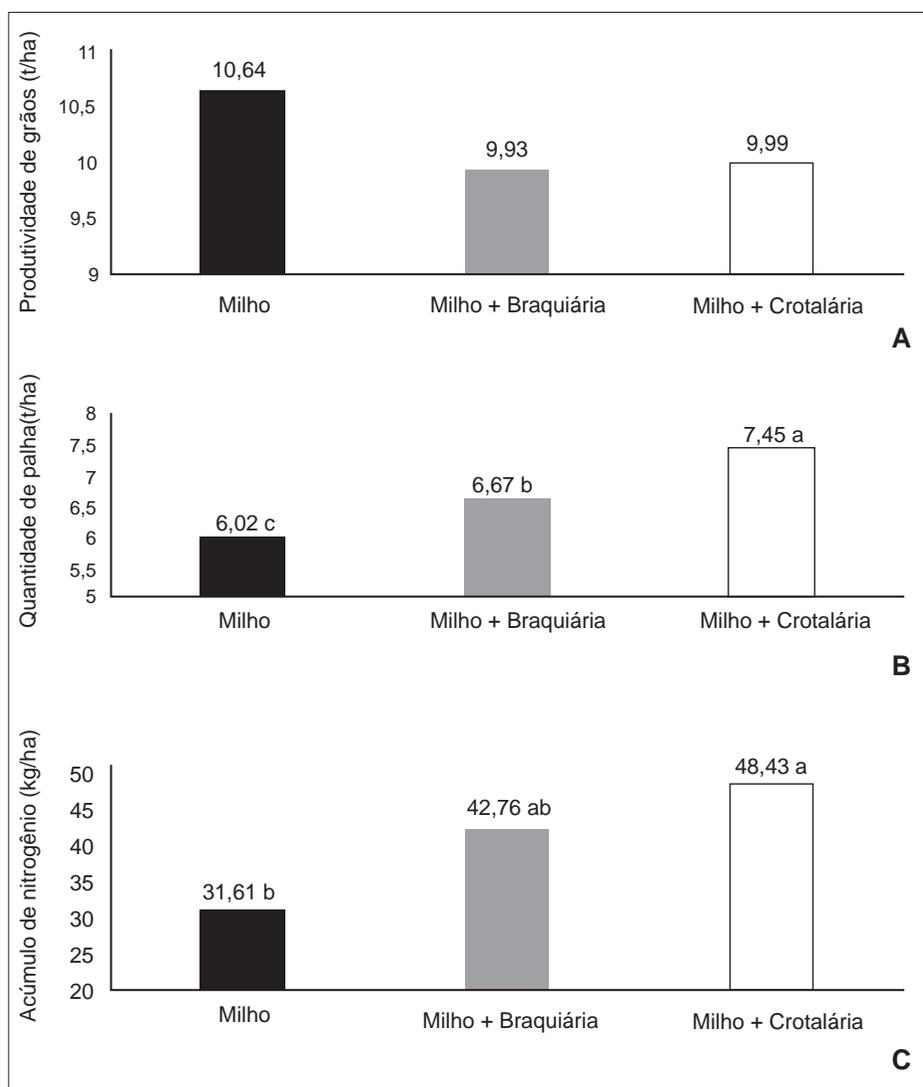


Gráfico 4 - Produtividade de grãos, produção e acúmulo de nitrogênio na palha dos sistemas de cultivo de milho exclusivo, milho consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e milho consorciado com crotalária (*Crotalaria spectabilis*), na safra 2014/2015 – Jaboticabal, SP

Fonte: Souza (2016).

Nota: Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$).



Figura 4 - Sistema de cultivo de milho consorciado com *Crotalaria spectabilis* visando à formação de palha para o Sistema Plantio Direto (SPD) de Qualidade no Cerrado

Nota: A e B - Aspecto geral da cultura do milho consorciado com *C. spectabilis* em diferentes estágios de desenvolvimento.

Plantas de cobertura e seus efeitos na redução de fitonematoides

Quanto aos nematoides fitoparasitas que causam grandes danos às principais culturas, o emprego de produtos químicos é muito caro e de difícil aplicação em condições de lavouras extensivas, como ocorre no Cerrado. Para a escolha das culturas que compõem um plano de sucessão/rotação é fundamental que se conheça a espécie de nematoide que ocorre na área, bem como o desempenho das plantas no que se refere à capacidade ou não de hospedar certas espécies de fitonematoides (Quadro 1). Por outro lado, a opção pela rotação de culturas, além de resgatar a ideia original do SPD, possibilita o manejo integrado de nematoides. Para os nematoides *H. glycines* e *R. reniformis*, seria possível planejar manejos com base no uso de plantas não hospedeiras, tanto em sucessão, quanto em rotação, elevando as chances de sucesso no seu controle. Dessa forma, tornaria tecnicamente mais fácil a inclusão de alguns adubos verdes valiosos no controle de *M. incognita* e de *P. brachyurus*, nematoides cujo manejo no SPD é particularmente difícil (INOMOTO; ASMUS, 2009).

De acordo com Santos et al. (2015), na cultura de soja, no Brasil Central, o nematoide-de-galha, *M. javanica*, e o nematoide-de-cisto da soja, *H. glycines*, foram dominantes por muito tempo e ainda têm grande importância para a cultura em muitas fazendas. Nenhum desses nematoides infecta o algodoeiro. Este fato foi um dos condicionantes para o sucesso da cotonicultura no Mato Grosso e exemplifica como uma sucessão de culturas, planejada, pode auxiliar o manejo de nematoides e a manutenção e o aumento da produtividade nas fazendas. O cultivo do algodoeiro numa área, em seguida a uma cultura de soja infestada por qualquer um desses dois nematoides, além de assegurar que a cultura do algodoeiro não sofrerá danos causados por esses patógenos, poderá assegurar, também, a sanidade da cultura posterior ao algodoeiro, exceto para áreas



Quadro 1 - Culturas graníferas e de formação de palha no SPD e efeitos sobre os fitonematoides

Cultura	Nematoide				
	<i>Heterodera glycines</i>	<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Pratylenchus brachyurus</i>
Milheto	A	B	C	A	B
Braquiária	A	A	A	A	C
Sorgo forrageiro	A	B	B	A	C
Pé-de-galinha	A	C	C	A	C
Nabo forrageiro	A	C	C	A	B
Aveia preta	A	C	C	A	B
Aveia branca	A	B	B	A	C
Girassol	A	C	C	A	B
Milho	A	B	C	A	C
Sorgo granífero	A	B	C	A	C
Soja	B	C	B	B	C
Milho	A	B	C	A	C
Algodão	A	A	C	C	C
Cana-de-açúcar	A	C	C	A	C
Amendoim	A	B	A	A	C
Feijão-comum	C	C	C	C	C
Feijão-caupi	A	C	B	B	C
Mandioca	A	C	C	C	C
Arroz	A	C	C	A	C
Guandu	B	B	B	C	B
Mucunas	A	B	B	A	C
<i>Crotalaria juncea</i>	A	B	B	A	C
<i>Crotalaria spectabilis</i>	A	A	A	A	A
<i>Crotalaria breviflora</i>	A	A	A	A	A

Fonte: Inomoto e Asmus (2009).

Nota: A - Cultura não hospedeira, reduzindo, portanto, a população de nematoide; B - Culturas que se comportam como más hospedeiras ou que apresentam respostas variáveis (varia de cultivar para cultivar); C - Indica que a cultura é boa hospedeira e aumenta a população do nematoide. SPD - Sistema Plantio Direto.

altamente infestadas, onde a rotação com um único ciclo pode não ser suficiente. Assim, nem o nematoide-de-galha nem o nematoide-de-cisto seriam erradicados das áreas infestadas. Entretanto, as densidades de população de ambos seriam consideravelmente reduzidas, no decorrer do ciclo do algodoeiro, de modo que a cultura subsequente não seria comprometida, ainda que fosse uma cultivar suscetível de soja. A erradicação de plantas tiguera de soja, dentro da cultura do algodoeiro, que poderiam continuar hospedando ambos os nematoides, assim como um

crucioso controle de plantas daninhas que poderiam hospedar *M. javanica*, seria pré-requisito para que esse plano de manejo dos nematoides seja bem-sucedido. De fato, cordade-viola (*Ipomoea grandifolia*), beldroega (*Portulaca oleracea* L.), carurus (*Amaranthus* spp.), picões (*Bidens* spp.) e muitas folhas estreitas hospedam nematoides.

De acordo com Santos et al. (2015), outro exemplo é o caso das cultivares de milho ADR 300 e ADR 7010, as quais além de não serem hospedeiras favoráveis de *M. javanica*, de *P. brachyurus*, de *R. reniformis* e do nematoide-de-cisto,

ainda proporcionam outros benefícios. Podem promover a descompactação do solo, reciclar o equivalente a mais de 400 kg de potássio (K) por hectare, proporcionar abundante palha, protegendo o solo contra o aquecimento excessivo e a perda de água, e melhorar suas condições gerais, inclusive promovendo o desenvolvimento dos microrganismos do solo. Muitos desses microrganismos são inimigos naturais, portanto, usam os nematoides como alimento e auxiliam no seu controle. Já aqueles que não são inimigos naturais ocupam os espaços do solo, competindo e dificultando a movimentação e o parasitismo dos nematoides.

Para Santos et al. (2015), a *C. spectabilis* ou a *C. ochroleuca* são opções até melhores que o milho para reduzir todos os nematoides-chave do feijoeiro. Uma de suas vantagens é a fixação de nitrogênio e uma das desvantagens é que são hospedeiras do fungo causador do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). Plantando o feijoeiro na segunda quinzena de setembro e colhendo em janeiro-março, é possível semear uma das crotalárias e/ou milho em seguida, no período correspondente à safrinha, pelo menos nos talhões infestados, com a colheita em maio-julho. Na segunda quinzena de setembro seguinte, volta-se a semear o feijoeiro ou outra cultura na área. O período de seis a sete meses sem uma cultura hospedeira diminui drasticamente as populações de nematoides na área e tem proporcionado excelente resultado no controle. Quanto maior for o tempo de rotação, mais tempo os nematoides ficarão sem alimento, reduzindo as populações na área e melhorando as condições para a cultura subsequente. Outra opção é semear uma das crotalárias e/ou milho no início das primeiras chuvas em setembro, dessecando no final de outubro e semeando o feijoeiro no início de dezembro. Expressivos ganhos em produtividade do feijoeiro também têm sido obtidos com essa prática, mesmo em áreas não infestadas por nematoides.

A *U. ruziziensis* pode ser uma ótima opção de rotação para diminuir os nematoides-chave do feijoeiro, inclusive

em áreas de média a baixa infestação com *P. brachyurus*, que, em geral, apresenta baixa reprodução nessa espécie. Das culturas sugeridas para ser utilizadas em rotação, a braquiária é a que mais deixa palha no solo por um longo período. Apesar de multiplicar um pouco o *P. brachyurus*, a palha, que fica no solo por um período maior que as demais culturas mencionadas, vai favorecer os microrganismos do solo que, em contrapartida, vão desfavorecer a população do nematoide (SANTOS et al., 2015).

Milheto: planta tolerante à seca, recicladora de nutrientes com palha persistente

Outra excelente opção de planta produtora de palha, para o estabelecimento do SPD de Qualidade no Cerrado, é o milheto (Fig. 5), *Pennisetum glaucum*. A partir de 1980, o milheto passou a ter destaque nas primeiras tentativas de semeadura direta em áreas do Cerrado, sendo crescente sua utilização nos dias de hoje, principalmente por apresentar as seguintes características, descritas por Bonamigo (1999):

- tolerância à seca;
- adaptação em níveis de fertilidade do solo;
- sistema radicular com rápido desenvolvimento, profundo e abundante;
- rápido crescimento e desenvolvimento da parte aérea;
- elevada produção de palha, que varia de 20 a 70 t/ha (massa verde),

dependendo da época de semeadura e do manejo;

- facilidade na produção de sementes;
- possibilidade de semeadura a lanço, em sobressemeadura e/ou com incorporação leve;
- palha com relação C/N ajustável em função da época de manejo;
- planta recicladora de nutrientes, principalmente K e N;
- associação não simbiótica com microrganismos diazotróficos, com destaque para bactérias de vida livre do gênero *Azospirillum* sp.;
- baixo fator de reprodução de nematoides, principalmente *Heterodera glycines* e *Meloydogine javanica*;
- palha com capacidade de reduzir incidência de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotium*);
- praticidade no manejo com herbicidas, apresentando tolerância ao atrazine em baixas dosagens;
- possibilidade de aproveitamento na pecuária como forragem, produção de silagem e feno.

Do ponto de vista da fertilidade do solo, o sistema radicular do milheto, pela sua agressividade de desenvolvimento, é capaz de modificar a estrutura física ao longo do perfil (Fig. 5). Este fato favorece a retenção de partículas do solo à rizosfera juntamente aos seus exudatos, proporcionando associações mutualísticas com mi-

croorganismos envolvidos nos processos de disponibilização de nutrientes, incluindo fungos micorrízicos arbusculares relacionados com o ciclo biogeoquímico do P e bactérias diazotróficas atuantes na FBN. Dessa forma, o processo de FBN, promovido por bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com o milheto, dentre outras espécies gramíneas, pode contribuir com o fornecimento de parte das necessidades das plantas por esse nutriente.

Ainda com relação à fertilidade do solo, a correção de acidez, bem como a adubação potássica e fosfatada estão entre as principais demandas para a viabilidade agrícola no Cerrado. Nesse sentido, outro fator importante para a sustentabilidade do SPD de Qualidade, em solos do Cerrado, é com relação ao uso de plantas de cobertura altamente eficientes em extrair nutrientes do solo, possibilitando a reciclagem via decomposição da palha produzida. Restos culturais das lavouras e das plantas usadas neste propósito apresentam quantidades consideráveis de nutrientes, podendo ser prontamente disponibilizados ao cultivo sucessor.

Silva et al. (2013) avaliaram os efeitos das palhas formadas pelo cultivo solteiro do milheto (*Pennisetum americanum* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.), pousio (plantas daninhas) e pelo consórcio milheto + guandu, milheto + crotalária e milheto + mucuna-preta sobre



Figura 5 - Uso do milheto na rotação/sucessão de culturas como planta produtora de palha no Sistema Plantio Direto (SPD) de Qualidade no Cerrado

Nota: A - Palha proporcionada pelo cultivo do milheto; B - Lavoura de feijão irrigado sobre palha de milheto.

a cultura do feijoeiro submetida a doses crescentes de P em semeadura, num Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso manejado por dez anos sob SPD em Selvíria, MS. A *C. juncea* e os consórcios milho + mucuna-preta e milho + *C. juncea* forneceram quantidades suficientes de MS para viabilizar o SPD e a semeadura do feijoeiro em sucessão. A mucuna-preta proporcionou maior acúmulo de P na parte aérea, demonstrando grande capacidade de ciclagem desse nutriente. O uso de palha de

C. juncea, milho + *C. juncea* e milho + mucuna-preta como plantas de cobertura antecessora, proporcionou melhor desenvolvimento e produtividade do feijoeiro com redução na quantidade aplicada de P em SPD (Tabelas 3 e 4).

Além disso, a elevada capacidade de produção de palha deve estar aliada à persistência na superfície do solo, ampliando o potencial de reciclagem de nutrientes, para os cultivos em rotação/sucessão, sendo vantajoso ao sistema de produção

Tabela 3 - Produção de matéria seca (MS) e acúmulo de fósforo (P) nas plantas de cobertura por ocasião do corte e adição das palhas na superfície, nas safras 2010 e 2011 – Selvíria, MS

Tratamento (cobertura vegetal)	Produção de MS (kg/ha)		Acúmulo de P (kg/ha)	
	2010	2011	2010	2011
Milho	9.059 a	10.046 ab	26 cd	32 c
<i>Crotalaria juncea</i>	9.405 a	11.520 ab	28 bc	39 c
Guandu	8.907 a	6.974 bc	33 b	17 d
Mucuna-preta	7.859 a	12.169 a	44 a	58 a
Pousio	3.762 b	3.237 c	10 e	15 d
Milho + Guandu	7.500 a	10.977 ab	23 cd	41 bc
Milho + <i>C. juncea</i>	8.202 a	12.888 a	22 d	42 bc
Milho + mucuna-preta	9.076 a	13.562 a	33 b	54 ab

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2013).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 4 - Produtividade de grãos do feijoeiro Pérola (safra inverno 2010) submetido a doses crescentes de fósforo (P) em semeadura, em sucessão a espécies de cobertura num Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso sob SPD – Selvíria, MS

Tratamento (cobertura vegetal)	Doses de P (kg/ha)				Modelo de regressão
	0	60	90	120	
Milho	3.219 cd	3.738 ab	4.060 ab	3.323 a	⁽¹⁾ RQ*
<i>Crotalaria juncea</i>	4.432 ab	3.471 ab	3.951 ab	3.825 a	ns
Guandu	3.246 cd	2.975 b	3.724 ab	3.024 a	ns
Mucuna-preta	3.639 cb	3.798 ab	3.658 ab	2.978 a	ns
Pousio	2.446 d	3.480 ab	2.963 b	2.929 a	⁽²⁾ RQ*
Milho + Guandu	3.571 bcd	3.417 ab	4.072 ab	3.419 a	ns
Milho + <i>C. juncea</i>	5.073 a	4.011 ab	4.265 a	3.920 a	⁽³⁾ RL**
Milho + mucuna-preta	4.256 abc	4.211 a	3.719 ab	3.499 a	⁽⁴⁾ RL*

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2013).

Nota: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). RQ - Regressão quadrática; RL - Regressão linear; ns - não significativo; * ($p < 0,05$) e ** ($p < 0,01$), respectivamente.

(1) $y = -0,17x^2 + 22,43x + 3189,84$ ($R^2 = 0,78$). (2) $y = 0,17x^2 + 25,05x + 2478,12$ ($R^2 = 0,79$). (3) $y = -8,99x + 4923,62$ ($R^2 = 0,77$). (4) $y = -6,53x + 4362,20$ ($R^2 = 0,81$).

como um todo. Neste sentido, Costa et al. (2016) avaliaram a produção e a persistência da biomassa de milho (*Pennisetum glaucum*), capim-colonião (*Panicum maximum*) e capim-braquiária (*Urochloa brizantha*), bem como a taxa de liberação dos macronutrientes e Si e as alterações na celulose, lignina, relação C/N. Esses autores verificaram que o milho produziu maior quantidade de fitomassa e acumulou mais nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), carbono (C) e silício (Si), que o *P. maximum* e *U. ruziziensis*. A máxima taxa de liberação diária dos macronutrientes ocorreu logo após a dessecação da fitomassa das coberturas vegetais do solo. A taxa de decomposição e liberação de macronutrientes e o Si foi maior na fitomassa do milho, em relação às demais coberturas vegetais. Com o passar do tempo ocorreu aumento da relação C/N, teor de celulose e lignina e redução na relação carbono/silício (C/Si) e na taxa de decomposição da fitomassa. O K foi o nutriente mais rapidamente disponibilizado ao solo, e o Si apresentou menor taxa de liberação. Desta forma, plantas com maior produção de fitomassa e com menor relação C/Si são mais promissoras para utilização no SPD, pela sua maior produção e persistência da cobertura do solo.

Sorgo: produção de grãos aliada à formação de palha em ambientes com déficit hídrico

Cultivos no período de entressafra são fundamentais para a implantação e viabilização do SPD de Qualidade no Cerrado, justamente por proporcionar cobertura do solo por maior tempo, além da diversificação das receitas e diminuição dos riscos com a atividade agropecuária. Neste aspecto, a cultura do sorgo (Fig. 6), *Sorghum bicolor* L. Moench, tem-se mostrado com grande utilidade nas condições edafoclimáticas do Cerrado, principalmente em áreas e épocas marginais à produção de grãos de outras espécies, como por exemplo o milho. Outro aspecto que deve ser levado





Figura 6 - Opções de plantas de cobertura e adubos verdes para rotação/sucessão com plantas graníferas no Sistema Plantio Direto (SPD) de Qualidade no Cerrado

Nota: A - Desenvolvimento da *Crotalaria spectabilis* em cultivo exclusivo; B - Desenvolvimento da *Crotalaria juncea* em cultivo exclusivo (atentar para o agressivo desenvolvimento desta leguminosa no consórcio com milho em semeadura simultânea); C - Aspecto geral do desenvolvimento da mucuna-cinza em pleno verão; D - Guandu como opção de planta de cobertura; E - Aspecto geral de lavoura de sorgo granífero no Cerrado.

em conta é que, em algumas regiões, a preferência pelo sorgo deve-se à crescente demanda por grãos para atender à fabricação de rações nas agroindústrias, visto que o custo da aquisição de seus grãos é menor, comparativamente ao milho. Neste contexto, o sorgo tem-se destacado como interessante opção para o estabelecimento do SPD de Qualidade no Cerrado. De acordo com Fornasieri Filho e Fornasieri (2009), isso deve-se a fatores como:

- período de semeadura mais amplo na região do Brasil Central, entre setembro e março;
- sistema radicular bem desenvolvido e fibroso, com elevada eficiência no aproveitamento de água presente no solo;

- reduzida taxa transpiratória, com eficaz regulação estomática;
- superfície foliar funcional mais reduzida em comparação ao milho;
- enrolamento das folhas em decorrência de déficit hídrico;
- cerosidade presente na superfície dos colmos e folhas;
- formação de palha em elevada quantidade e com alta relação C/N.

Além destes, ocorre a possibilidade de diversificar o sistema de produção com uso do sorgo forrageiro (*S. bicolor* x *S. sudanense*), sendo uma interessante opção de pastejo, fenação, corte verde e silagem pré-seca em sistemas ILP e ILPF,

além da formação de palha para o SPD de Qualidade. Contudo, em regiões produtoras de grãos do Brasil Central, muitos produtores têm dificuldades em implantar sistemas ILP pelo consórcio de sorgo com braquiárias, por causa da escassez de informações a respeito da escolha correta de cultivares e do manejo das culturas em consórcio. Destaca-se que a adoção desse sistema na safrinha possibilita a produção de grãos de sorgo e, posteriormente, de palha pelos cultivos de sorgo e braquiária. Estas poderão ser usadas para pastejo e/ou cobertura do solo, no período da entressafra. Em trabalho desenvolvido por Silva et al. (2015), o consórcio de sorgo com braquiária na safrinha mostrou-se viável para produção de grãos e palha na região

Centro-Oeste. Os pesquisadores verificaram que o sorgo BRS 310 em consórcio com *U. ruziziensis* e *U. brizantha* cv. Xaraés possibilitou maiores produtividades de grãos, MS e proteína bruta (PB) total, sendo esse sorgo observado para o DKB 599 consorciado com *U. decumbens*. Vale destacar que DKB 599 apresentou maior sensibilidade à competição com as plantas de braquiária no consórcio (Tabela 5).

Nessa mesma linha de pesquisa, Mateus et al. (2016) testaram o cultivo do sorgo grânifero consorciado com o capim-marandu (*U. brizantha* cv. Marandu) e com o capim-mombaça (*P. maximum* cv. Mombaça). Os resultados obtidos pelos pesquisadores mostraram que a semeadura do sorgo consorciado ao capim-marandu apresentou melhor desempenho em relação ao consórcio com o capim-mombaça. A produtividade de grãos ficou em níveis similares aos obtidos pelo cultivo do sorgo em cultivo exclusivo. O capim-marandu foi menos competitivo com o sorgo, proporcionando melhores resultados de produção de grãos, além de favorecer a formação de pastagem. O capim-mombaça comportou-se com maior agressividade, reduzindo a produtividade de grãos do sorgo, mesmo com uso da adubação nitrogenada em cobertura. Neste caso, os resultados experimentais determinaram que a demanda de nitrogênio para a viabilidade do cultivo

do sorgo consorciado ultrapassou 100 kg/ha via adubação de cobertura. Tais resultados evidenciam a necessidade de adequações nos boletins de recomendações de adubação, incluindo as necessidades nutricionais das espécies em consórcio.

De forma geral, o cultivo de plantas de cobertura e adubos verdes, resulta em benefícios relacionados com os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, com reflexos positivos na eficiência de uso de insumos, garantindo sustentabilidade ao sistema de produção. Neste sentido, as braquiárias, bem como as crotalárias, o guandu, as mucunas preta e cinza, o milheto e o sorgo, têm sido recomendados com sucesso para cultivo em rotação/sucessão com plantas graníferas, seja exclusivamente ou em consórcio, dependendo da espécie, viabilizando o SPD de Qualidade no Bioma Cerrado (Fig. 1 a 6).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O maior desafio para a sustentabilidade do SPD de Qualidade no Cerrado está na formação e na manutenção da palha, em razão da alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais e da dificuldade de sua produção na entressafra. Para contornar tal situação, a rotação de culturas, com adubos verdes e/ou plantas produtoras de cobertura morta, mostra-se como alternativa viável em razão dos benefícios promovidos ao

agroecossistema. Dentre as principais vantagens, o adequado recobrimento do solo diminui as perdas de solo, água e nutrientes; reduz o consumo de água; aumenta a eficiência de controle de plantas daninhas; incrementa positivamente os atributos físicos, químicos e biológicos do ambiente solo, isto promove ganhos em produtividade de forma sustentável.

A rotação de culturas deve ser encarada como uma tecnologia integrada a outras, disponíveis aos agricultores, como zoneamento agroecológico, práticas conservacionistas do solo, calagem e adubação, época de semeadura, cultivares adaptadas ao local, controle fitossanitário e manejo de plantas daninhas. Na escolha da rotação de culturas devem-se considerar as particularidades regionais, perspectivas de comercialização dos produtos e preservação do meio ambiente, garantindo a sustentabilidade do agronegócio.

As espécies mais promissoras para compor os sistemas de produção conservacionistas no Cerrado, por proporcionarem elevada quantidade de palha com equilibrada relação C/N, são as braquiárias, em especial a *U. ruziziensis* e as crotalárias, em cultivos exclusivos e em consórcio com o milho e/ou sorgo, além das mucunas, do milheto, do sorgo e outras gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais, como *Panicum* spp. e guandu.

Tabela 5 - Produção de palha e produtividade de grãos de cultivares de sorgo em função do consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *U. brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Piatã, *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*, na safrinha 2010 – Rio Verde, GO

Tratamento	Palha (matéria seca em t/ha)					
	Xaraés	Marandu	Piatã	<i>U. decumbens</i>	<i>U. ruziziensis</i>	Monocultivo
BRS 3010	⁽¹⁾ 1,09 Aab	0,81 Abc	⁽³⁾ 0,78 Ac	⁽³⁾ 0,96 Abc	⁽¹⁾⁽²⁾ 1,28 Aa	0,68 d
DKB 599	⁽³⁾ 0,84 Ba	0,84 Aa	⁽³⁾ 0,85 Aa	⁽¹⁾ 1,07 Aa	0,92 Ba	0,82 cd
Monocultivo	1,32 a	1,10 abc	0,96 bcd	1,27 ab	1,35 a	-
	Produtividade de grãos (t/ha)					
BRS 3010	⁽²⁾ 3,6 Aab	⁽¹⁾⁽²⁾ 2,6 Ac	⁽¹⁾⁽²⁾ 2,8 Abc	⁽¹⁾⁽²⁾ 2,8 Bbc	⁽²⁾ 4,2 Aa	4,1 b
DKB 599	⁽²⁾ 3,4 Ab	⁽¹⁾⁽²⁾ 2,4 Ac	⁽¹⁾⁽²⁾ 3,1 Abc	⁽²⁾ 4,2 Aa	⁽¹⁾⁽²⁾ 3,1 Bbc	5,3 a

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2015).

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

(1)(2)(3) Média difere significativamente pelo teste Dunnett ($p < 0,05$) em relação ao monocultivo dos sorgos graníferos BRS 310 e DKB 599 e das espécies de braquiárias, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T. Palhada de braquiária: redução dos riscos e do custo de produção das lavouras. **Informe Agropecuário**. Integração Lavoura Pecuária, Belo Horizonte, v.28, n.240, p.3038, set./out. 2007.
- AIDAR, H. et al. Produção sustentável do feijoeiro comum sob irrigação por aspersão na Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. v.2, p.839-841 (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 182).
- AMARAL, C.B. do. **Doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em sucessão à gramíneas no cultivo de inverno-primavera**. 2014. 44f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.
- AMARAL, C.B. do et al. Produtividade e qualidade do feijoeiro cultivado sobre palhadas de gramíneas e adubado com nitrogênio em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1602-1609, set. 2016.
- BONAMIGO, L.A. A cultura do milho no Brasil, implantação e desenvolvimento no Cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p.31-65.
- CARMEIS FILHO, A.C. de A. **Adubação nitrogenada no feijoeiro em sistemas de cultivo com milho e braquiária no plantio direto**. 2013. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.
- CARMEIS FILHO, A.C. de A. et al. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.2, p.66-75, abr./jun. 2014.
- CECCON, G. et al. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.37, n.1, p.204-212, Jan./Feb. 2013.
- COSTA, C.H.M. da et al. Phytomass decomposition and nutrients release from pearl millet, guinea grass and palisade grass. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.32, n.5, p.1191-1203, Sept./Oct. 2016.
- CUNHA, T.P.L. da. **Adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado em sucessão à milho e braquiária em plantio direto**. 2013. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.
- CUNHA, T.P.L. da et al. Agronomic performance of common bean in straw mulch systems and topdressing nitrogen rates in no-tillage. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.62, n.5, p. 489-495, Sep./Oct. 2015.
- FIORENTIN, C.F. **Influência da adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sucessão ao milho e à braquiária em sistema de semeadura direta**. 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.
- FIORENTIN, C.F. et al. Formação e manutenção de palhada de gramíneas concomitante à influência da adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro irrigado em sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.4, p.917-924, 2011.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: FUNEP, 2009. 202p.
- INOMOTO, M.M.; ASMUS, G.L. Culturas de cobertura e de rotação devem ser plantas não hospedeiras de nematóides. **Visão Agrícola**. Plantio direto, Piracicaba, n.9, p.112-116, jul./dez. 2009.
- KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.14, n.2, p.219-234, 2015.
- LEMOS, L.B.; FARINELLI, R.; MINGOTTE, F.L.C. Adubação verde e rotação de culturas. In: ARF, O. et al. (Ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão: Phaseolus vulgaris L.** Botucatu: UNESP, 2015. cap.7, p.117-147.
- MATEUS, G.P. et al. Sidedress nitrogen application rates to sorghum intercropped with tropical perennial grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v.108, n.1, p.433-447, Jan./Feb. 2016.
- MINGOTTE, F.L.C. **Adubação nitrogenada no feijoeiro de primavera em sucessão à milho e braquiária em plantio direto**. 2011. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.
- MINGOTTE, F.L.C. et al. Sistemas de cultivo antecessores e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro em plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.5, p.696-706, out. 2014. Suplemento 2.
- OLIVEIRA, P. de et al. **Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 88).
- SANTOS, J.M. et al. Práticas sustentáveis no manejo de nematóides. In: ARF, O. et al. (Ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão: Phaseolus vulgaris L.** Botucatu: UNESP, 2015. p.293-313.
- SILVA, A.G. da et al. Seleção de cultivares de sorgo e braquiária em consórcio para produção de grãos e palhada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36, n.5, p.2951-2964, set./out. 2015.
- SILVA, M.P. da et al. Coberturas vegetais e adubação fosfatada no feijoeiro “de inverno” em Sistema Plantio Direto. **Agrária: Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.8, n.4, p.540-546, 2013.
- SOUZA, S.S. de. **Doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno em sucessão a sistemas de cultivo com milho exclusivo e consorciado com braquiária e com crotalária**. 2016. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016.



Sustentabilidade e Sistema Plantio Direto no Cerrado

Flávio Jesus Wruck¹, Sílvia Túlio Spera², Julio Cesar Franchini dos Santos³, Júlio Cesar Salton⁴

Resumo - O plantio direto, iniciado há cinco décadas no sul do País como um método alternativo de manejo de solo, evoluiu ao longo do tempo para Sistema Plantio Direto (SPD). Atualmente, este Sistema engloba um complexo de tecnologias destinado à exploração sustentável dos fatores de produção, fundamentado na mobilização mínima de solo, na manutenção permanente da palha, na diversificação de espécies vegetais e na minimização ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura. A implantação deverá atender a uma série de requisitos e seguir rigorosamente um projeto agrônomo minuciosamente elaborado. Após implantado, o SPD passa pelas fases críticas de consolidação e de maturação, refletindo a evolução na qualidade do solo dentro do Sistema. Apesar dos inúmeros benefícios proporcionados pelo SPD que atende a todas as premissas de um sistema agrícola sustentável, a adoção pelos produtores rurais do Cerrado brasileiro ainda é incompleta. A adequada formação e manutenção da cobertura de palha permanente no solo e a rotação de culturas são, atualmente, os grandes desafios técnicos no avanço do SPD ideal, comparado à sucessão soja-milho semeada diretamente no solo. Resultados comerciais promissores, que utilizam arroz de terras altas, milho, algodão e gramíneas forrageiras (ILP), como alternativas na rotação com a soja no Cerrado, vislumbram um futuro otimista para a expansão do verdadeiro SPD neste bioma.

Palavras-chave: Manejo conservacionista. Rotação de cultura. Palha. Manejo.

Sustainability and no-tillage in the Cerrado

Abstract - The use of no-till soil management began five decades ago in Southern Brazil as an alternative method of soil conservative management. This management evolved over time for no-tillage farming system (NT) and, currently, comprises a complex of technologies for the sustainable use of the factors of crop production based on minimal or absence of soil tillage, permanent maintenance of straw, on diversification of plant species, and the minimization or elimination of time interval between harvest and sowing. The system deployment must meet a series of requirements and strictly follow an agronomy planning thoroughly elaborated. After deployment, the NT pass through the critical stages of establishment and consolidation, reflecting the evolution in the quality of the soil within the system. Despite the many benefits provided by the NT, following all the assumptions of a sustainable agricultural system, the adoption by farmers of the Cerrado (Brazilian Savanna) is still incomplete. Proper training and maintenance of straw cover on soil and permanent crop rotation are currently the major technical challenges in advancing the NT ideal compared to soy-corn crop succession directly into the soil. Commercial promising results using dryland rice, corn, cotton, and forage grasses (integrated crop and livestock systems - ICLS) as alternatives in crop rotation with soybeans in the Cerrado promises an optimistic future for the expansion of the authentic NT system in this biome.

Keywords: Conservative management. Cropping rotation. Straw. Management.

INTRODUÇÃO

Na década de 1940, a mecanização da agricultura, em especial o preparo do solo para semeadura, por meio das operações de aração e gradagens (modelo convencional), foi um dos principais fatores da incorporação e expansão de áreas para a

exploração agrícola mundial. Entretanto, o excessivo revolvimento mecânico do solo intensificou, em todas as áreas agrícolas do mundo, os processos de erosão hídrica e eólica do solo. Assim, foi proposta, como solução à intensificação da erosão, a redução do revolvimento do solo. Todavia,

esses trabalhos pioneiros com semeadura direta, realizados na Inglaterra e nos Estados Unidos, esbarraram na dificuldade de controle das plantas daninhas, o que, praticamente, inviabilizou o sistema. No Brasil, e especialmente no Paraná, as primeiras tentativas de implementação da semeadura

¹Eng. Agrônomo, M.Sc., Pesq. EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop, MT, flavio.wruck@embrapa.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop, MT, silvio.spera@embrapa.br

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Soja, Londrina, PR, julio.franchini@embrapa.br

⁴Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Agropecuária Oeste, Dourados, MS, julio.salton@embrapa.br



direta em áreas comerciais, feitas no início dos anos 1970, também esbarraram na dificuldade de controle das plantas daninhas (GAZZIERO et al., 2001).

O primeiro fator que influenciou o produtor rural brasileiro na decisão de adotar o Sistema Plantio Direto (SPD) foi o controle da erosão hídrica. Porém, os motivos que mais influenciaram a ampla aceitação desse Sistema foram a redução dos custos com combustíveis e do intervalo de tempo entre os dois cultivos anuais, fato que permitiu ampliar o período de semeadura entre a safra e a safrinha ao suprimir as operações de revolvimento do solo (MANTOVANI, 1987). Além disso, a evolução de sementeiras de melhor desempenho na semeadura direta também favoreceu a expansão do SPD (PORTELLA, 2001). Mas foi o desenvolvimento de moléculas de herbicidas mais eficientes, a partir do fim dos anos 1980, que favoreceu a ampla disseminação do SPD em todas as regiões agrícolas relevantes do Brasil. Desse modo, a área cultivada no SPD expandiu mais de trinta vezes entre as safras de 1990/1991 e 2011/2012 (FEBRAPDP, 2013).

A partir de meados da década de 1990, a área cultivada com SPD teve um crescimento ainda mais intenso e o uso desse Sistema tornou-se irreversível, pelo desenvolvimento das cultivares de soja com a tecnologia Roundup Ready® (RR®). O lançamento de cultivares de soja, milho e algodão com essa tecnologia transgênica resolveu, até o momento, o problema de controle de plantas daninhas no SPD.

EVOLUÇÃO E PRINCIPAIS FUNDAMENTOS DO SPD

O conceito de plantio direto, introduzido no Brasil no fim dos anos 1960 (BORGES, 1993), como um simples método alternativo de manejo de solo, começou a evoluir a partir de meados da década de 1980, englobando novos resultados tecnológicos, pois somente a prática da semeadura direta já não resolvia satisfatoriamente os problemas de manejo e conservação do solo. Este novo plantio

direto recebeu, no Brasil, a denominação SPD, passando a ser conceituado como um complexo de tecnologias destinado à exploração sustentável de sistemas agropecuários, fundamentado na mobilização de solo apenas na linha ou cova de semeadura, na manutenção permanente da cobertura do solo, na diversificação de espécies e na minimização ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura (FEBRAPDP, 2013).

Dentre os fundamentos do SPD, além da restrição à mobilização de solo somente na linha de semeadura e à manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, consideraram-se como fundamentais a diversificação de espécies vegetais, via rotação e/ou consorciação de culturas, e a cobertura permanente do solo, seja com plantas vivas, seja com restos culturais. No início dos anos 2000, foi adicionado a esse complexo tecnológico o processo colher-semear, que corresponde ao emprego de tecnologia orientada à minimização do intervalo de tempo entre a colheita de uma cultura e a semeadura da cultura subsequente (DENARDIN et al., 2010).

O SPD atual no Cerrado contempla os seguintes fundamentos e suas interações:

- eliminação ou redução das operações de preparo do solo, restringindo a mobilização de solo somente na linha de semeadura;
- formação e manutenção de uma cobertura morta (palha) permanente no solo;
- diversificação de espécies vegetais, via programa de rotação e consorciação de culturas agrônômica e economicamente viáveis;
- manejo integrado de plantas daninhas, explorando uso de culturas de cobertura, rotação de culturas e herbicidas específicos;
- implantação do processo colher-semear.

A cobertura morta permanente do solo é o fundamento mais importante, pois afeta todas as modificações que o sistema

promove. Estudos indicam, para as condições do Cerrado, que a palha deve cobrir pelo menos 80% da superfície do solo ou manter pelo menos 6 t/ha de matéria seca (MS) para cobertura do solo (BAYER; MIELNICZUK; MARTIN-NETO, 2000; AMADO et al., 2006). A qualidade da palha é muito variável entre regiões dentro do Cerrado, pois as opções de exploração agrícola e de cobertura do solo dependem das condições edafoclimáticas locais, bem como da disponibilidade de tecnologia e de insumos. Neste sentido, o gestor do projeto SPD deve sempre propiciar espécies de cobertura de solo que produzam uma quantidade de palha adequada e, ainda, possa contribuir com outras finalidades agrônômicas para o sistema, tais como, fixação biológica de nitrogênio (FBN), descompactação de solo, reciclagem de nutrientes, redução de patógenos de solo e outras.

A palha desempenha uma série de funções relevantes para o SPD, as quais estão sintetizadas a seguir:

- reduz o impacto das gotas de chuva, protegendo o solo contra a desagregação de partículas e compactação;
- retarda o escoamento superficial, aumentando o tempo e a capacidade de infiltração da água de chuva. Como consequência, há uma significativa redução nas perdas de solo e água pela erosão hídrica;
- funciona como barreira física protetora da superfície pedológica perante a ação direta dos raios solares, reduzindo a temperatura do solo e a evaporação de água, mantendo, consequentemente, maior quantidade de água disponível no solo;
- diminui as amplitudes hídrica e térmica, favorecendo a atividade biológica do solo, notadamente, a atividade microbiológica;
- aumenta o teor de matéria orgânica (MO) no perfil do solo, melhorando a estrutura física e, por consequência, incrementando a disponibilidade



de de água para as plantas, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de nutrientes, notadamente os micronutrientes;

- f) auxilia no controle de plantas daninhas, por supressão ou por ação alelopática.

O processo de intensificação de rotações e consorciações de culturas procura inserir no SPD a capacidade de imitar no sistema agrícola a adição e a decomposição de massa vegetal de forma semelhante à observada nos ecossistemas. Nestes, o aporte de material orgânico, a decomposição desse material adicionado ao solo e a absorção de nutrientes pelas plantas são processos contínuos e permanentes (SALTON et al., 2005; BAYER; MIELNICZUK, 2008; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009; DENARDIN et al., 2010). Como resultantes primordiais desses processos, destacam-se: minimização de perdas de nutrientes por volatilização; lixiviação; erosão de sólidos e escoamento superficial de solutos; melhoria da estrutura do solo, por ação biológica na decomposição do material orgânico aportado ao solo. Sob esse ponto de vista conceitual, a adoção do SPD consiste em relevante ferramenta para a agricultura conservacionista, e favorece a expressão do potencial genético das espécies cultivadas por meio da maximização dos fatores ambiente e solo, sem degradá-los (DENARDIN et al., 2010).

PRINCIPAIS VANTAGENS E DESAFIOS DO SPD

As vantagens ou desafios do SPD dependem de uma série de fatores e características do solo e do clima da região, onde esse sistema é ou será utilizado. É fundamental que, em cada região, o sistema seja adaptado seguindo as respectivas vocações naturais (condições edafoclimáticas, mercadológicas e socioeconômicas), de forma que seja o mais eficiente possível. Além disso, verifica-se que, à medida que o produtor rural torna-se mais familiarizado com o sistema, novas vantagens são adicionadas e novas

alternativas para resolver os desafios vão surgindo. A própria evolução tecnológica do SPD reflete esse processo.

As principais vantagens do SPD são citadas por Cruz et al. (2001):

- menor demanda de máquinas e equipamentos, força de trabalho e energia fóssil (petróleo);
- redução das operações de preparo do solo e dos impactos negativos gerados por estas operações;
- redução dos custos de produção e consequente aumento do lucro;
- favorecimento da atividade biológica do solo e do controle biológico de pragas, doenças fitopatológicas e plantas daninhas. Para o caso de pragas e doenças polífagas, o SPD pode ser benéfico, pois proporcionará abundância de alimentos e abrigo durante todo o ano agrícola, tornando-se um desafio;
- redução drástica das diferentes formas de erosão do solo com consequente diminuição do assoreamento nos cursos d'água, dos custos de manutenção das estradas de terra e do tratamento de água;
- otimização no uso de corretivos e fertilizantes decorrente da reciclagem de nutrientes;
- favorecimento da floculação e da agregação das partículas do solo, com consequente melhoria na estrutura física;
- desfavorece a decomposição da MO, estabelecendo sincronismo entre a disponibilidade de nutrientes e o crescimento das formas de vida presentes no solo;
- potencialização do equilíbrio dinâmico do agroecossistema, conservando o potencial biológico e proporcionando a este maior capacidade de autorreorganização;
- melhor proteção ambiental pela mitigação dos efeitos antrópicos ao solo, água e ar;

- favorece o balanço positivo de carbono no solo, ou seja, acumula carbono até atingir a fase de maturação, podendo nesta fase, inclusive, atingir valores próximos aos originais encontrados no solo antes da abertura da área;

- aumenta o rendimento das culturas dentro do sistema a longo prazo, tendo como uma das consequências o aumento da receita, além da redução na pressão sobre a abertura de novas áreas.

A evolução da produtividade das culturas, dentro do SPD, reflete-se nas alterações que ocorrem na qualidade do solo (Gráfico 1). Resultados de rendimentos de grãos da soja em experimento de longa duração conduzido na Embrapa Soja (Londrina, PR) evidenciam as diferentes fases do SPD. No período inicial (3-5 anos) de adoção desse sistema conservacionista, as alterações no solo são pouco intensas e caracteriza uma fase crítica de transição, em que os rendimentos das culturas em SPD são similares ou até inferiores aos verificados no plantio convencional.

Posteriormente, o SPD entra numa fase de consolidação na qual as alterações na qualidade do solo já são mais expressivas e refletem-se em rendimentos um pouco mais elevados das culturas, em relação ao plantio convencional. A partir de dez anos, a magnitude das alterações na qualidade do solo já atinge uma fase de estabilização e o SPD alcança a maturidade, fase na qual os rendimentos das culturas respondem sensivelmente às alterações ocorridas na qualidade do solo. Nesta fase, o rendimento das culturas no SPD passa a ser consistentemente superior aos do plantio convencional.

Os intervalos de tempo que caracterizam as diferentes fases do SPD são variáveis em função das práticas de manejo adotadas e, possivelmente, em função do tipo de solo e das condições iniciais do solo (grau de degradação), quando da implantação do sistema conservacionista e das condições climáticas da região. Nesse



sentido, merece destaque no Gráfico 1 a influência do sistema de culturas adotado em relação à duração das diferentes fases. Verifica-se que na sucessão trigo-soja (Gráfico 1A), a fase crítica estende-se até o 5º ano após a implantação, seguida pela fase de consolidação (5º ao 11º ano) e de maturidade (a partir do 11º ano). Por sua vez, a utilização de um sistema de rotação de culturas, com a introdução de leguminosas e gramíneas de cobertura no inverno e de milho em rotação com soja no verão (Gráfico 1B), resultou numa redução

desses períodos. A fase crítica estendeu-se apenas até o 3º ano e a fase de maturidade já foi atingida no 7º ano após a implantação do SPD, representando uma antecipação de quatro anos na consolidação do sistema. Esses resultados indicam que a adoção de um sistema de culturas diversificado e com maior aporte de resíduos vegetais intensifica a melhoria na qualidade do solo que, por sua vez, reflete na produtividade das culturas.

Os principais desafios encontrados na implantação e na manutenção do verdadei-

ro SPD, na região do Cerrado, notadamente nos estados de Mato Grosso e Goiás, são apresentados a seguir:

- falta uma alternativa de cultura competitiva economicamente com a soja, no processo de rotação para o cultivo da safra principal. Isso ocorre para a maioria das situações de campo, consistindo no maior gargalo para adoção do SPD verdadeiro no Cerrado;
- dificuldades agrônômicas na formação e na manutenção de palha na quantidade adequada decorrente, principalmente, do grande período seco;
- falta aprimoramento de algumas tecnologias e/ou da transferência adequada das tecnologias validadas;
- falta planejamento adequado no uso da terra dentro da propriedade rural, seja por falta de conhecimento, seja por negligência do produtor rural;
- faltam insumos de qualidade, com custo competitivo para a tecnologia do SPD, notadamente sementes de forrageiras para cobertura do solo;
- falta tradição e apelo conservacionista aliado a algum grau de comodismo e imediatismo do produtor rural.

REQUISITOS E ETAPAS PARA IMPLANTAÇÃO DO SPD

Antes de iniciar um projeto de SPD, deve-se atentar para os seguintes requisitos básicos exigidos pelo sistema:

- qualificação do gestor do projeto: é fundamental que o gestor do projeto SPD tenha conhecimento mais amplo e domínio de todas as fases do sistema, envolvendo o manejo de mais de uma cultura e, às vezes, de uma Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Ainda que faça o acompanhamento rigoroso da dinâmica de pragas, doenças e plantas daninhas, da evolução na fertilidade do solo,

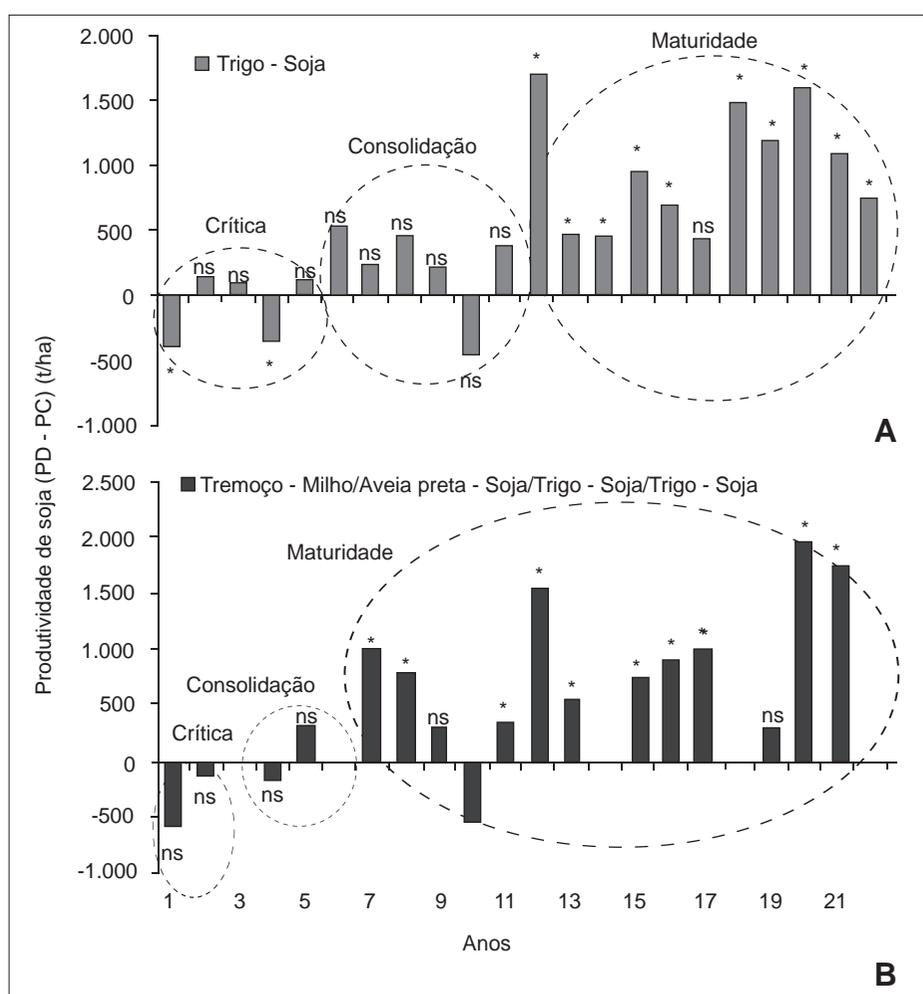


Gráfico 1 - Diferença no rendimento de grãos de soja (kg/ha) entre os Sistema Plantio Direto (SPD) e plantio convencional (PC) (valores + = SPD > PC e valores - = SPD < PC) em diferentes fases que apresentam no decorrer do período de adoção do SPD (crítica, consolidação, maturidade) em Latossolo Vermelho - Embrapa Soja, Londrina, PR

Fonte: Debiasi et al. (2013).

Nota: A - Sucessão trigo-soja; B - Rotação de culturas tremoço-milho/aveia preta-soja/trigo-soja/trigo-soja.

ns - Não significativa; * Significativa ao nível de 5% (Tukey).

- dos impactos causados ao ambiente e do desempenho agroeconômico do sistema ao longo do tempo;
- b) gerenciamento e treinamento de mão de obra: por melhor que seja o projeto e por mais qualificado que seja seu gestor, este só atingirá os resultados projetados, se a mão de obra for devidamente preparada e qualificada continuamente. Além disso, é fundamental a internalização do projeto junto à equipe, ressaltando os princípios, desafios e benefícios e, ainda, a valorização da mão de obra;
- c) drenagem de solos com lençol freático elevado: o SPD promove naturalmente aumento da água no solo, o que pode agravar o problema de excesso de umidade. No Cerrado, extensas áreas com horizonte B textural estruturado demandam essa operação antes da implantação do SPD;
- d) eliminação de camadas compactadas: nas áreas com solos com camadas gravemente ou extremamente compactadas, é necessário fazer a correção mecânica antes da implantação do SPD. Isto porque este sistema, nestas situações extremas, não é capaz de reverter o processo naturalmente. Nas situações leves e medianas, o SPD, contendo cultivos de braquiárias, nabo forrageiro, feijão-guandu, é capaz de reverter esse processo naturalmente;
- e) nivelamento da superfície do terreno: áreas com solos com muitos sulcos ou valetas, comuns em áreas de pastagens degradadas, devem ser preparadas e niveladas mecanicamente antes da implantação do SPD;
- f) correção da acidez do solo: amostragens de solo, ao longo do seu perfil, devem ser realizadas, de preferência a cada 5 cm, até a profundidade de 20 cm, e a cada 10 cm até pelo menos a 40 cm. Havendo necessida-
- de, a calagem deverá ser efetuada, incorporando o calcário na maior profundidade possível. Ainda, se necessário e viável economicamente, aplicar gesso agrícola para condicionamento da camada subsuperficial. Todo esse procedimento deverá ser realizado antes da implantação do SPD. Uma vez corrigido o solo e implantado o SPD, o monitoramento dos atributos químicos deverá ser realizado anualmente e as correções, quando necessárias, poderão ser realizadas sem revolvimento do solo;
- g) nivelamento da fertilidade do solo: no mesmo processo da correção da acidez do solo antes da implantação do SPD, se necessário, executar as correções nos teores de fósforo (fosfatagem) e de potássio (potassagem), elevando os níveis de disponibilidade até as faixas média ou alta, dependendo da condição econômica do empreendedor. Uma vez corrigidas as deficiências químicas do solo e implantado o SPD, um programa de adubação de manutenção, fundamentado nas perdas e extração de nutrientes do sistema e aferido por análises anuais de solo, deverá ser implantado;
- h) disponibilidade de máquinas e equipamentos ao SPD: o proprietário rural, no que concerne o seu parque de máquinas, deve possuir semeadora e colhedora próprias ou adaptadas ao SPD. Do contrário, deverá adquirir, alugar ou terceirizar estes serviços, para viabilizar tecnicamente o SPD;
- i) eliminação de plantas daninhas perenes: mais comum em áreas ocupadas com pastagens degradadas, é fundamental a erradicação, via ação mecânica ou química, antes da implantação do SPD, pois neste, a infestação tenderá a aumentar;
- j) eliminação de plantas daninhas de difícil controle: comum no Cerrado, em áreas ocupadas por longo tempo com lavouras sob plantio convencional,

essas plantas devem ser identificadas e erradicadas via ação mecânica ou controle químico específico, antes da implantação do SPD.

A implantação de um projeto SPD é uma fase crucial, pois implica diretamente no seu sucesso. Infelizmente, é muito comum instituições financeiras aprovarem projetos de SPD tecnicamente bons, mas que no campo não expressaram os resultados agroeconômicos projetados. Dessa forma, é de extrema importância, para o sucesso de qualquer projeto SPD, que algumas etapas da implantação, condução e avaliação dentro da propriedade rural, sejam seguidas rigorosamente.

1ª etapa - Diagnóstico da propriedade rural

As informações que devem ser levantadas nesse diagnóstico são condições edáficas (relevo, textura, classificação, atributos químicos do solo, vegetação atual, dentre outras); condições climáticas (temperatura, pluviometria, insolação, alinhamento do sol em cada estação do ano, dentre outras); disponibilidade de máquinas e implementos agrícolas (tratores, arados, grades, pulverizadores, semeadoras, colhedoras, dentre outros); infraestrutura geral disponível (cercas, curral, silos, barracões, disponibilidade de água potável, dentre outros); disponibilidade e custo da mão de obra; disponibilidade e custo dos recursos financeiros; interesse e aptidão do produtor pelo sistema, e mercado para a comercialização dos diferentes produtos demandados e gerados pelo SPD.

2ª etapa - Planejamento do SPD dentro da propriedade rural

Ao final do diagnóstico, o gestor do Projeto terá um conjunto de informações necessárias à avaliação dos negócios desenvolvidos na propriedade, tanto do ponto de vista técnico quanto do ponto de vista econômico. Assim, munido dessas informações, poderá desenvolver o planejamento para os novos sistemas produtivos



possíveis de ser executados, tendo como base o SPD. Nesta fase, quatro perguntas devem ser respondidas com muita precisão, sem negligenciar os fundamentos do SPD discutidos anteriormente: Qual; o quê; por quê; como e quando implantar, e; como manejar.

3ª etapa - Elaboração do Projeto Técnico

O Projeto Técnico deve ser elaborado no formato exigido pelo agente financiador (se for o caso), a partir do diagnóstico e do planejamento realizado nas etapas anteriores. Nesta etapa, o gestor do Projeto deverá eleger o sistema produtivo que será adotado na propriedade. Normalmente, espera-se, em propriedades muito grandes, que cada talhão tenha um modelo de SPD que melhor se ajuste às suas condições edafoclimáticas, a fim de otimizar o uso dos fatores de produção dentro dessas propriedades.

4ª etapa - Implantação, acompanhamento e avaliação do Projeto

Como se trata de um conjunto de práticas tecnológicas ainda em fase de introdução na propriedade, o gestor deverá estar atento ao cumprimento de todos os protocolos previstos no Projeto. Atenção especial deve ser considerada caso tenha pecuária dentro do sistema, pois a demanda por aquisição de animais pode chegar a ser cinco vezes maior do que na pecuária tradicional.

5ª etapa - Realização dos ajustes ao longo do tempo

Sempre serão necessários ajustes pontuais ao longo do tempo, uma vez que se trata de processos biológicos sujeitos a uma infinidade de fatores não controláveis. Por meio do acompanhamento rigoroso e das avaliações sistemáticas do Projeto, pequenas correções e ajustes finos poderão ser realizados ao final de cada ano agrícola ou, até mesmo, após cada cultivo.

OPÇÕES DE CULTURA AGRÍCOLA PARA ROTAÇÃO NO SPD DO CERRADO

A rotação de cultura, que consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais numa mesma área agrícola, é um dos fundamentos essenciais do verdadeiro SPD. No Cerrado, esta rotação refere-se ao cultivo das águas e é determinante na sustentabilidade de qualquer projeto de SPD, pois, além de atender aos requisitos agronômicos e ambientais, deve ter viabilidade econômica.

Atualmente, é consenso entre profissionais agrônômicos que trabalham no Cerrado, que o número de culturas opcionais de 1ª safra, para o SPD sustentável na região, é limitado e considerado como um dos entraves de adoção desse sistema, como abordado anteriormente. Assim, na definição do sistema de rotação de culturas agrícolas da 1ª safra e da configuração do SPD (1ª e 2ª etapas do processo de implantação), dentro da propriedade rural, é importante:

- a) planejar para cada talhão (ou gleba), respeitando as condições edafoclimáticas, sem negligenciar o todo (propriedade), ou seja, lembrar que todos os talhões estarão, de alguma forma, interligados. Assim, é fundamental que o projeto de SPD contemple uma visão holística da propriedade rural, principalmente nas questões de logística, infraestrutura, disponibilidade de água e mão de obra;
- b) reconhecer que são inúmeras opções, mas que a definição do sistema será realizada em função do diagnóstico dos fatores de produção ou seja:
 - das condições edafoclimáticas de cada talhão dentro da propriedade rural, caracterizando os fatores limitantes agronômicos,
 - do mercado nacional, regional e local fornecedor de insumos, matérias-primas e mão de obra e

comprador dos produtos gerados no SPD, caracterizando os fatores limitantes comerciais,

- da infraestrutura disponível na propriedade rural (energia elétrica, água potável, cercas, curral, maquinários agrícolas, estruturas de pré-limpeza, silos, barracão, dentre outros) e na região (secadores, armazéns, meios de transporte economicamente viáveis, etc.), onde tal propriedade está inserida, caracterizando os fatores limitantes estruturais,
- das condições socioeconômicas (aptidão agrícola, formação profissional, capacidade gerencial, capacidade de alavancagem de capital e de pagamento, dentre outras) do produtor rural, caracterizando os fatores limitantes socioeconômicos,
- dos aspectos legais (exemplo do Decreto nº 6.961, de 17 setembro 2009 (BRASIL, 2009) e Projeto de Lei nº 6.077, de 18 de setembro 2009 que norteia a produção da cana-de-açúcar no Brasil) e morais (compra da soja produzida no bioma Amazônia pelas *tradings*), caracterizando tais fatores limitantes;
- c) reconhecer que o sistema é dinâmico ao longo do tempo e deve ser ajustado (4ª e 5ª etapas da implantação) em função dos avanços agronômicos e dos aspectos econômicos. No primeiro caso, por exemplo, o ajuste pode ser motivado pelo lançamento de um material melhorado para determinada espécie agrícola. Outro exemplo pode vir das previsões climatológicas de um determinado ano agrícola, o qual pode ser influenciado pelos fenômenos El Niño ou La Niña, condições que alterarão a distribuição pluviométrica de uma determinada região. No segundo caso (aspectos econômicos), o gestor do Projeto SPD deve ficar



atento às oportunidades e nichos de mercado, como por exemplo, o pagamento adicional e vantajoso pela soja convencional em algumas regiões produtoras, ao preço pago, em determinados anos agrícolas, pelo feijoeiro comum cultivado na safrinha do Cerrado e outros.

Considerando que o SPD será constituído, anualmente, por safra e safrinha, mesmo que esta última contemple somente espécies forrageiras para produção adequada de palha, e que forrageiras gramíneas para produção de pasto sejam tratadas como um cultivo agrícola, atualmente pelo menos cinco opções de culturas para rotação da 1ª safra podem ser utilizadas, de forma sustentável, dentro do SPD no Cerrado. Serão discutidas, sumariamente, características culturais relevantes e outros aspectos importantes do manejo fitotécnico da soja, do milho, do arroz de terras altas, do algodão e das gramíneas forrageiras (pastagens), contemplando as principais opções de rotação para 1ª safra do SPD no Cerrado, preconizado neste trabalho.

Soja

A soja é a cultura agrícola mais utilizada no SPD, pois tem uma série de características relevantes como: lavoura mais cultivada e de maior importância agroeconômica no Brasil; classificada como commodity agrícola, com preço favorável nos últimos anos e, assim, deverá permanecer perante a demanda crescente de alimentos no mundo; possui elevado potencial produtivo, atingindo patamares de 6 mil quilos por hectare; pode ser utilizada na renovação e/ou reforma de pastagens degradadas; é uma leguminosa e, portanto, fixadora de N da atmosfera, prestando serviço ambiental ao reduzir a necessidade de entrada de N mineral no SPD; possui sistema radicular pivotante e razoavelmente agressivo; é uma ótima precedente para a maioria das culturas agrícolas; é própria para ser cultivada no SPD sobre a palha de outras forrageiras, e possibilita a sucessão antecipada de forrageiras por meio do processo de sobresse-

meadura, fato importante para regiões do Cerrado com restrições no período chuvoso.

Por outro lado, a soja possui características desfavoráveis ao SPD que precisam ser bem manejadas para viabilizá-la dentro desse sistema: produz pouca palha residual e de degradação rápida; possui dificuldade para ser consorciada com gramíneas forrageiras; essas duas características anteriores obrigam a implantação da safrinha para, no mínimo, formar uma palha adequada ao SPD; possui baixa tolerância a condições químicas desfavoráveis do solo, como a elevada acidez, o alumínio trocável (Al^{3+}) e a baixa saturação por bases, e tem pouca adaptação ao ambiente de abertura de novas áreas.

Inúmeras cultivares de soja, desenvolvidas para diferentes condições edafoclimáticas, permitem o cultivo na safra dentro do SPD, para todas as regiões agrícolas do País. Trabalhos recentes e observações empíricas dentro de áreas sob SPD no Cerrado apontam que as condições químicas de solo favoráveis ao cultivo da soja são: teor de MO superior a 2%, sendo desejável ser

superior a 3% e a saturação por bases entre 45% e 55% com pH em água entre 5,5 e 6,0.

Por fim, devem ser consideradas as culturas precedentes e a quantidade de cobertura morta (palha) para o cultivo da soja. Bons resultados agrônômicos dessa cultura em SPD foram obtidos sob diferentes coberturas mortas, evidenciando a menor exigência quanto à cultura e/ou consórcio precedentes. Com relação à quantidade de cobertura morta, os melhores resultados foram obtidos entre 4 e 5 t/ha de MS. Acima disso, ocorriam problemas sérios na plantabilidade e, abaixo, não havia cobertura suficiente para o controle efetivo das plantas daninhas na fase inicial da cultura. Ainda, dois cuidados devem ser tomados: usar botinhas e/ou disco de corte na semeadora de SPD e respeitar um intervalo mínimo de 15 dias após a dessecação, exigindo um planejamento impecável do sistema, pois problemas de fitotoxicidade na soja por exsudados da cobertura morta em decomposição (ácidos fracos e glifosato) podem ocorrer (Fig. 1).



Figura 1 - Soja dentro do Sistema Plantio Direto (SPD) sobre palha do consórcio de milho com braquiária – Fazenda Dona Isabina, Santa Carmem, MT

Com relação ao manejo fitotécnico da soja no SPD, alguns são importantes destacar:

- a) cultivares utilizadas: existe uma gama enorme de cultivares disponíveis no mercado. Cabe ao gestor do Projeto SPD buscar a mais adaptável a cada situação. Recomenda-se, na medida do possível, utilizar mais de uma cultivar e, ainda, testar anualmente, em pequena escala, os lançamentos do mercado. Dentro do SPD no Cerrado predomina a utilização de materiais de ciclos médio e precoce (atualmente com elevado potencial produtivo) na safra para viabilizar o cultivo de safrinha. O uso de cultivares transgênicas ou convencionais é outra dúvida recorrente dentro dos Projetos SPD. Nesse caso, o banco de sementes de plantas daninhas da área, o tipo e o ano de implantação do SPD e a diferença paga pelo mercado aos grãos não transgênicos definirão a utilização ou não dos transgênicos;
- b) semeadura: deve ser a mais uniforme possível, respeitando o espaçamento entrelinhas, a profundidade e a densidade de semeadura de acordo com as recomendações técnicas da detentora da cultivar semeada;
- c) manejo de pragas: semelhante ao cultivo convencional, tomando cuidados especiais ao controle de pragas polífagas, tais como *H. armigera*, um dos grandes desafios do SPD, pois neste haverá oferta de alimento e abrigo durante todo o ano agrícola;
- d) manejo de doenças: semelhante ao cultivo convencional, redobrando a atenção com as pontes verdes na sucessão dentro do SPD e com fitopatógenos polífagos, tais como *Pratylenchus brachiurus*;
- e) manejo de plantas daninhas: quando comparado ao manejo convencional, é possível minimizar o uso de

herbicidas, com redução de doses e/ou número de aplicações e, em alguns casos, até abolir, desde que se pratique corretamente o manejo integrado de plantas daninhas.

Milho

O milho é, depois da soja, a cultura agrícola mais utilizada no SPD dentro do Cerrado brasileiro, pois contém características importantes para esse Sistema: possui grande importância estratégica e agroecônômica, podendo ser comercializado na forma direta de grãos (proteína vegetal) ou indireta, para engorda de animais (proteína animal); tem elevado potencial produtivo, com bom valor de mercado na maioria dos anos agrícolas, com rendimento de grãos que variam de 2 mil a mais de 10 mil quilos por hectare; pode ser cultivado para diferentes finalidades, como forragem, silagem e grãos e pode, numa safra frustrada de grãos, servir como silagem ou mesmo forragem; tem excelente resposta à adubação, especialmente a nitrogenada; representa, também, uma ótima opção de safrinha com cultivares adaptadas para qualquer fase da janela de semeadura; possui grande adaptabilidade no consórcio com forrageiras, o que facilita a formação de biomassa para palha e/ou para pecuária, e produz quantidade elevada de resíduos culturais.

Apesar de a maioria das características da cultura do milho ser favoráveis ao SPD, há outras que devem ser bem manejadas para viabilizá-la: cultivares com alta tecnologia inserida são exigentes quanto às condições químicas do solo, notadamente em relação à disponibilidade de N e potássio (K), seguindo-se cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P); possui exigência elevada quanto à radiação solar, podendo tornar-se inviável para regiões com elevada incidência de nuvens na fase fisiológica do enchimento de grãos, e é desaconselhável como precedente para outras gramíneas agrícolas no sistema de rotação ou sucessão de culturas, notadamente para o arroz de terras altas.

Apesar de ser indicado como uma opção de rotação para o cultivo de safra neste trabalho, verifica-se no campo que o posicionamento da cultura do milho no SPD dentro do Cerrado é, na maioria das vezes, dirigido para a safrinha, notadamente consorciado com forrageiras. Este cultivo do milho fica limitado aos anos agrícolas, quando a soja está com preço de mercado ruim e/ou milho e carne bovina estão com preços favoráveis. Nesse caso, é imprescindível ter agilidade na secagem dos grãos, pois, provavelmente, o milho será colhido em um período chuvoso.

Bons resultados agrônômicos do milho em SPD foram obtidos sobre diferentes coberturas mortas, notadamente na presença de resíduos de leguminosas. A palha de arroz deve ser evitada. Com relação à quantidade de cobertura morta, seguem as mesmas recomendações feitas para a soja.

Quanto ao manejo fitotécnico da cultura do milho dentro do SPD, as principais preocupações são destacadas a seguir:

- a) materiais genéticos utilizados: existe uma gama enorme de híbrido – híbrido simples sintético (HSs), híbrido duplo sintético (HDs) e híbrido triplo sintético (HTs) e variedades – disponíveis no mercado, cabendo ao gestor do projeto SPD buscar aquele que mais se adapta a cada situação. Na medida do possível, é recomendável utilizar mais de um material e, ainda, testar anualmente, em pequena escala, os lançamentos do mercado. Quando se consorcia milho com uma forrageira, predomina a utilização de materiais mais rústicos e tolerantes à competição por água e por nutrientes e que possua altura da inserção da 1ª espiga mais alta. Quando esse consórcio é de safrinha na sucessão da soja, predomina a utilização de materiais de ciclos médio e precoce, para viabilizar agronomicamente o pastejo dos animais após a colheita dos grãos. O uso de materiais transgênicos



ou convencionais é outra dúvida recorrente dentro dos Projetos SPD. Nesse caso, como se trata de sementes muito mais caras, a análise do tipo de cultivo (safra, safrinha, solteiro ou consorciado), época da semeadura dentro da janela ideal e a expectativa futura de preço do mercado local definirão a viabilidade da utilização dos materiais transgênicos;

- b) semeadura: deve ser a mais uniforme possível, respeitando o espaçamento entrelinhas, a profundidade e a densidade de semeadura de acordo com as recomendações técnicas;
- c) manejo de pragas: semelhante ao plantio convencional, tomando-se cuidados especiais no controle de pragas polífagas, tal como *H. armigera*;
- d) manejo de doenças: semelhante ao plantio convencional, com atenção especial na formação de pontes verdes, dentro do SPD, quando se tratar de patógenos polífagos, tal como *Pratylenchus brachiurus*;
- e) manejo de plantas daninhas: semelhante ao plantio convencional, com exceção da aplicação dos herbicidas pré-emergentes que, diante de uma cobertura morta adequada do solo, pode ser dispensada. Recomendam-se cuidados especiais nos consórcios com forrageiras (Fig.2).

Arroz de terras altas

As características relevantes que tornam o arroz de terras altas uma excelente opção de rotação para o cultivo da safra no SPD, no Cerrado brasileiro, são: elevada tolerância às condições químicas desfavoráveis do solo, como elevada acidez e alumínio trocável (Al^{3+}) e baixa saturação por bases; ótima adaptação aos ambientes de pastagem degradada e abertura de novas áreas; excelentes rendimentos de grãos, podendo atingir, nos ambientes de SPD consolidados (mais de seis anos de implantação), acima de 5 mil quilos por



Figura 2 - Milho consorciado com *Urochloa brizantha* cv. BRS Piaçã, em Sistema Plantio Direto (SPD) após soja – Fazenda Certeza, Querência, MT, em 16 jun. 2012

hectare; alta produção em ambientes de pastagem degradada e abertura de novas áreas, podendo atingir rendimentos superiores a 5.500 kg/ha, ou seja, superiores aos da soja sob essas mesmas condições; ainda nesses ambientes, a cultura do arroz tende a sofrer menor incidência de doenças, pragas e plantas daninhas, resultando em menor custo de produção que, somado aos bons rendimentos, invariavelmente resulta em lucros superiores a qualquer outro cultivo agrícola sob essas mesmas condições; responde bem à adubação, especialmente à nitrogenada; permite, com facilidade mediana, a formação de consórcio com forrageiras, constituindo excelente ferramenta para a entrada do componente pecuária no sistema ou somente na formação de palha, e produz adequada quantidade de resíduos culturais de decomposição lenta que propicia excelente cobertura morta de solo.

Apesar das características favoráveis, o arroz de terras altas tem outras que precisam ser muito bem manejadas para

viabilizá-las dentro do SPD: necessidade, 30 dias após a emergência (DAE), de maior disponibilidade de N na forma de amônio no solo; sistema radicular fasciculado e pouco agressivo, sendo muito sensível às restrições físicas do solo, tais como compactação e baixa porosidade; em um modelo de rotação ou sucessão, é extremamente exigente quanto à cultura precedente, sendo desaconselhável a utilização do próprio arroz, milho, sorgo, capim-sudão; é desaconselhável preceder outras gramíneas agrícolas no sistema de rotação ou sucessão de culturas; muito sensível à competição com plantas daninhas que, aliado à oferta limitada de herbicidas pós-emergentes seletivos à cultura, torna difícil o manejo desta, quando cultivada com reduzida cobertura com palha, e o mercado comprador nem sempre é favorável e extremamente dependente da produção do arroz irrigado do Sul do Brasil.

O cultivo na safra é o posicionamento, na maioria dos casos, da cultura do arroz

de terras altas dentro do SPD para a região do Cerrado. Já o cultivo de safrinha fica restrito às áreas mal drenadas (exemplo do médio-norte matogrossense), desde que atendidas às condições edafoclimáticas da cultura. Nesse caso, é importante estabelecer uma estratégia que permita, após a colheita do arroz, uma adequada cobertura de solo, premissa básica do SPD.

Trabalhos recentes e observações empíricas dentro de áreas sob SPD no Cerrado apontam que as condições físicas de solo favoráveis à semeadura direta do arroz de terras altas são: solos com teor de argila que varia entre 30% e 50%; solo estruturado, poroso e não compactado até, pelo menos, 40 cm de profundidade, e densidade do solo, até a profundidade de 20 cm, inferior a 1,1 kg/dm³, sendo desejável ser inferior a 1,0 kg/dm³. As condições químicas de solo favoráveis ao SPD são: teor de MO superior a 2%, sendo desejável ser superior a 3%, e saturação por bases entre 40% e 50% com pH_{água} entre 5,0 e 5,7.

Por fim, devem ser consideradas as culturas precedentes e a quantidade de cobertura morta (palha) na semeadura direta do arroz de terras altas. Os melhores resultados agrônômicos do arroz de terras altas em SPD foram obtidos, quando a cultura na safra imediatamente anterior ao arroz foi uma leguminosa (soja) precedida, por sua vez, de braquiária (ou como pasto de safra ou como pasto de safrinha). Com relação à palha na semeadura direta do arroz, diferentes forrageiras e/ou consórcios foram e continuam sendo testados no SPD e na Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), notadamente nos estados de Mato Grosso e Goiás:

- a) milheto (*Pennisetum glaucum*) e *U. ruziziensis* como cultivos solteiros ou consorciados foram os melhores;
- b) crotalária (*C. ocrholeuca*) solteira ou consorciada com nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) também teve excelente resultado;

- c) os consórcios formados por feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ou crotalárias (*C. spectabilis* e *C. ocrholeuca*) com *U. ruziziensis* também obtiveram bons resultados;
- d) o consórcio de nabo forrageiro com *U. ruziziensis* também obteve resultado promissor, mas ainda necessita de mais validações.

Com relação à quantidade de cobertura morta, os melhores resultados foram obtidos entre 4 e 5 t/ha de MS (Fig. 3). Acima disso, ocorriam problemas sérios na plantabilidade e abaixo, não havia cobertura suficiente para o controle efetivo de plantas daninhas na fase inicial da cultura. Ainda sobre a semeadura do arroz de terras altas no SPD, alguns cuidados devem ser tomados: uso de botinhas e/ou disco de corte na semeadora de SPD, e respeitar um intervalo mínimo de 30 dias após a dessecação, exigindo um planejamento impecável do sistema, pois problemas de fitotoxicidade no arroz de terras altas por exsudados da

cobertura morta em decomposição (ácidos fracos e glifosato) são frequentes.

Por fim, com relação ao manejo fitotécnico do arroz de terras altas no SPD cabe destacar:

- a) cultivares utilizadas: ‘BRS Monarca’, genética Embrapa, ciclo longo de, aproximadamente, 115 dias e com ótimo desempenho em SPD sob palha de braquiária; ‘BRS Pepita’, genética Embrapa, ciclo curto de, aproximadamente, 102 dias, indicada na renovação/reforma de pastagens e, atualmente, material mais tolerante à seca disponível no mercado (recomendado para o cultivo de safrinha); ‘BRS Sertaneja’, ‘BRS Primavera’, ‘BRS Esmeralda’, genética Embrapa, ciclo médio de, aproximadamente, 108 dias e com excelente qualidade de grãos; ‘AN Cambará’, genética Agro Norte Ltda., ciclo médio de, aproximadamente, 110 dias, excelente qualidade



Figura 3 - Arroz de terras altas (BRS Monarca) em Sistema Plantio Direto (SPD) sobre palha da *Urochloa brizantha* cv. Xaraés – Fazenda Gamada, Nova Canaã do Norte, MT, em 28 fev. 2009

- de grãos e recomendada para regiões de maior pluviosidade;
- b) semeadura: deve ser a mais uniforme possível, respeitando o espaçamento entrelinhas, a profundidade e a densidade de semeadura, de acordo com as recomendações técnicas;
 - c) manejo de pragas: semelhante ao cultivo tradicional, tomando cuidados especiais quanto ao controle de cupins, formigas e cigarrinhas-das-pastagens;
 - d) manejo de doenças: semelhante ao cultivo tradicional, tomando cuidados especiais com o controle da brusone (*Pyricularia grisea*), pois o patógeno pode sobreviver e multiplicar-se em algumas espécies de gramíneas presentes no SPD. Outra preocupação é com o *Pratylenchus brachyurus*, nematoide causador de lesões no sistema radicular das plantas e de importância econômica, pela ampla distribuição geográfica e pelo grande número de plantas hospedeiras, nas quais pode-se hospedar e multiplicar, bem como em alguns materiais de arroz de terras altas;
 - e) manejo de plantas daninhas: consiste no maior desafio fitotécnico da cultura no manejo convencional. No SPD, com uma cobertura adequada do solo, esse desafio é minimizado. Na maioria das vezes, somente uma aplicação de herbicida pós-emergente para plantas de folhas largas resolve o problema.

Algodão

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), apesar de ainda ser pouco utilizado como uma alternativa de rotação dentro do SPD no Cerrado, é uma cultura com grande potencial de uso pois tem características importantes para o sistema: é uma lavoura de grande importância econômica no Cerrado, perdendo somente para a soja e para o milho; também é classificada como

commodity agrícola, sendo o preço regulado pelo mercado internacional; possui elevado potencial produtivo, atingindo patamares de 4.600 kg/ha de algodão em caroço; é planta considerada tolerante à seca, podendo ser cultivada tanto na safra quanto na safrinha na maior parte do Cerrado; pertence à família Malvaceae, diferente das leguminosas e gramíneas, conferindo diversidade biológica ao SPD; possui sistema radicular pivotante e razoavelmente agressivo; é apropriada para ser cultivada no SPD sobre a palha de gramíneas ou consorciadas com forrageiras leguminosas, e adapta-se bem ao SPD, mantendo ou aumentando os rendimentos, reduzindo a demanda por produtos químicos e o custo de produção.

Porém, o algodoeiro também possui características desfavoráveis ao SPD as quais precisam ser muito bem trabalhadas: tem elevado custo de produção, sendo o maior dentre as opções de lavoura abordadas neste trabalho; produz pouca palha residual, havendo necessidade

da formação desta antes da semeadura; necessita, por força de lei, ter a soqueira destruída após a colheita; possui baixa adaptabilidade para ser consorciado com plantas forrageiras; possui baixa tolerância à deficiência de oxigênio no solo, e carrega um preconceito, por grande parte dos cotonicultores de não ser economicamente viável no SPD.

Existe grande disponibilidade de cultivares do algodoeiro, desenvolvidos para diferentes condições edafoclimáticas, que propiciam o cultivo tanto na safra quanto na safrinha no SPD na maior parte do Cerrado. A soja tem-se mostrado como uma excelente opção de cultura precedente dentro do programa de rotação. Ótimos resultados agrônômicos do algodoeiro no SPD foram obtidos sobre a cobertura morta de *U. ruziziensis*, solteiro ou consorciado com leguminosas, evidenciando certa exigência quanto à cultura e/ou consórcio precedente. Com relação à quantidade de cobertura morta, os melhores resultados foram obtidos



Figura 4 - Algodoeiro em Sistema Plantio Direto (SPD) sobre palha de *Urochloa ruziziensis* – Diamantino, MT



entre 5 e 7 t/ha de MS (Fig. 4). O manejo das espécies para cobertura deve ser feito com herbicidas, no mínimo 30 dias antes da semeadura do algodoeiro. Nos consórcios de braquiária com leguminosas, a mistura de 2,4 D + glifosato tem sido suficiente para provocar a morte das plantas. Quando se tratar de braquiária solteira, isenta de plantas daninhas de folhas largas, o dessecamento das plantas de cobertura somente com o glifosato é suficiente (LAMAS; STAUT, 2006).

Forrageiras gramíneas

Quebrando mais um paradigma dentro da pecuária brasileira e partindo do princípio que forrageiras para alimentação bovina devem ser manejadas tal como um cultivo agrícola, isto é, empregando as melhores tecnologias disponíveis, visando à produção de biomassa de elevada qualidade e quantidade, braquiárias, tais como *U. brizantha* cvs. Marandu, BRS Piatã e BRS Paiaguás são excelentes opções de rotação no SPD do Cerrado brasileiro. Para atender aos fundamentos do SPD, a pecuária não poderia ultrapassar o período de 18 meses (um e meio ano agrícola) dentro da mesma área no sistema. Neste caso específico, para efeitos didáticos, o SPD também se classifica como um Sistema ILP. Além das braquiárias mencionadas, os *Panicum* recém-lançados pela Embrapa, tais como *P. maximum* cvs. BRS Zuri e BRS Tamani têm potencial uso dentro desse sistema, depois das devidas validações.

Além dos benefícios decorrentes da presença da palha dentro do SPD, cabe destacar o papel relevante das plantas forrageiras e da atividade pecuária para o sistema: otimização na utilização de adubos e corretivos pela maior reciclagem de nutrientes; quebra de ciclo de algumas doenças (principalmente as de solo), pragas e plantas daninhas; redução do número de patógenos do solo e de plantas daninhas via supressão física ou alelopática; recuperação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo,

decorrente, principalmente, do aumento do teor da MO e dos exsudados do sistema radicular das forrageiras; maior armazenamento e conservação de água no solo com consequente redução dos riscos com veranicos, e diversificação das fontes de receitas do sistema com a introdução no portfólio da carne e/ou leite e/ou animais.

Apesar do papel relevante da pecuária dentro do SPD no Cerrado brasileiro, é importante salientar os principais desafios e necessidades técnicas para sua introdução no sistema: domínio técnico da atividade pecuária, que é completamente distinta da atividade lavoureira; implantação da infraestrutura para atividade pecuária, dentro da propriedade rural (caso não tenha), tais como curral, cercas, aquedutos, bebedouros, saleiros e elevado investimento inicial para aquisição do rebanho bovino.

Diante dos produtos tecnológicos atualmente disponíveis e das condições

atuais de mercado, espera-se que a pecuária produza, dentro do sistema, pelo menos 20 arrobas de carne por hectare por ano com custeio que varia entre 50% e 60% de sua produção. Nessas condições, a pecuária de 18 meses (Fig. 5) seria uma excelente alternativa de rotação dentro do SPD, para o Cerrado brasileiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução do SPD no Brasil, iniciado há mais de 45 anos nos estados do Rio Grande de Sul e Paraná, é um exemplo de integração tecnológica entre produtores, pesquisadores, professores, profissionais ligados aos setores de máquinas e defensivos, profissionais liberais e extensionistas rurais. O processo foi iniciado por produtores rurais pioneiros que se mobilizaram trocando experiências e buscando conhecimentos, informações técnicas e inovações no País e no exterior, impulsionados pela urgente necessidade de controlar a erosão dos solos.



Figura 5 - Pasto de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em Sistema Plantio Direto (SPD) após soja – Fazenda Certoza, Querência, MT, em 24 nov. 2010

Flávio Jesus Wruck

O avanço do SPD ocorreu em todas as regiões brasileiras com maiores ou menores velocidades. Na maioria das propriedades rurais da região do Cerrado, os gestores dos projetos de SPD ainda não atingiram plenamente todos seus fundamentos, notadamente a formação e a manutenção da palha permanente no solo e a rotação de culturas. Esse motivo gera uma série de discussões entre associações de produtores e agentes governamentais sobre a estimativa de área do SPD, de acordo com sua definição agrônômica, no Cerrado brasileiro. Esses dados são extremamente relevantes dentro do contexto do Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), no qual o País terá que prestar contas ao mundo do trabalho para a mitigação dos gases de efeito estufa (GEEs).

Independentemente das divergências mencionadas, cabe às instituições de pesquisa e de ensino, em parceria com a extensão rural pública e privada, com as associações de produtores e as empresas privadas ligadas ao setor, desenvolver e validar tecnologia inovadora para o SPD, capaz de viabilizar agro e economicamente a adoção do SPD e erradicar o popular e irônico “sistema plantio de resto”.

Outra característica importante no Cerrado brasileiro é o tamanho médio das áreas utilizadas com lavoura e pecuária, dentro da propriedade rural. Diante desta extensão e das várias opções agrícolas, principalmente na 2ª safra, as quais podem ser inseridas em inúmeras configurações possíveis de um SPD, é importante almejar um sistema equilibrado para toda a propriedade rural reconhecendo que, muito provavelmente, cada talhão uniforme desta propriedade contemplará um layout de SPD que melhor se ajuste a este Sistema. Neste sentido, é fundamental que, ao longo do tempo, a propriedade rural inteira esteja integrada por uma rede de SPD, de forma que cada talhão ofereça plenas condições para as culturas expressarem cada vez mais seus potenciais genéticos,

contribuindo para que a propriedade, como um todo, seja um empreendimento rural sustentável.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C. et al. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in Southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, v.35, n.4, p.1599-1607, July 2006.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2.ed. rev. atual. e ampl. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.3, p.599-607, jul./set. 2000.
- BORGES, G. de O. Resumo histórico do plantio direto no Brasil. In: EMBRAPA-CNPT. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.13-18.
- BRASIL. Decreto nº 6.961, de 17 de setembro de 2009. Aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 set. 2009.
- CRUZ, J.C. et al. Plantio direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**. Plantio direto, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.13-24, jan./fev. 2001.
- DEBIASI, H. et al. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 72p. (Embrapa Soja. Documentos, 342). Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/92107/1/Doc-342-OL.pdf>>. Acesso em : 6 nov. 2017.
- DENARDIN, J.E. et al. **Consórcio milhobraquiária como fator de intensificação de modelos de produção**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. 11p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 78). Versão online. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp78.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2017.
- FEBRAPDP. **Área de Sistema Plantio Direto: evolução área do Sistema Plantio Direto no Brasil**. Foz do Iguaçu, [2013]. Disponível em: <http://febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.jpg>. Acesso em: 6 nov. 2017.
- GAZZIERO, D.L.P. et al. **As plantas daninhas e a semeadura direta**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 59p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 33). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18514/1/circotec33.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2017.
- LAMAS, F.M.; STAUT, L.A. **Algodoeiro em Sistema Plantio Direto**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 7p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 118). Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24415/1/COT2006118.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2017.
- MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**. Manejo do solo, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-55, mar. 1987.
- MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. São Paulo: UNESP, 2010. 567p. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/pgdr/publicacoes/producaotextual/lovois-de-andrade-miguel-1/mazoyer-m-roudart-l-historia-das-agriculturas-no-mundo-do-neolitico-a-crise-contemporanea-brasilia-nead-mda-sao-paulo-editora-unesp-2010-568-p-il>>. Acesso em: 6 nov. 2017.
- PORTELLA, J.A. **Semeadoras para plantio direto**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2001. 252p.
- SALTON, J.C. et al. **Matéria orgânica do solo na Integração Lavoura-Pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38779/1/BP200529.pdf>>. Acesso em 6 nov. 2017.
- VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.4, p.743-755, jul./ago. 2009.



Cultivo do milho em Sistema Plantio Direto no Cerrado

José Mauro Valente Paes¹, Cícero Montli Teixeira², Alex Teixeira Andrade³

Resumo - A cultura do milho, após a colheita, disponibiliza extensa quantidade de restos culturais. Com isto, ocorre maior cobertura do solo, aumento da matéria orgânica (MO) e redução da erosão. A sustentabilidade de um sistema de produção está fundamentada em aspectos de conservação e preservação ambiental e nos aspectos econômicos e comerciais. Para a produção do milho sob Sistema Plantio Direto (SPD), com sustentabilidade, estão a adequada construção e manutenção da fertilidade do solo e o emprego eficiente do sistema rotação e sucessão de culturas, tendo em vista a manutenção da cobertura do solo revestido com palha durante todo o ano agrícola. As possibilidades de combinação de culturas na rotação do SPD são infinitas, mas a escolha de cada uma deve ser condicionada à formação e à composição do solo, às condições climáticas, à quantidade de palha produzida e ao requerimento nutricional das culturas.

Palavras-chave: *Zea mays*. Cobertura do solo. Rotação de cultura. Dessecação. Palha. Condição climática. Sustentabilidade.

Corn no-tillage cropping system in the Cerrado

Abstract - The corn crop produces a large amount of straw after harvest. This straw provides a greater soil cover, increased soil organic matter, and reduction of erosion. The sustainability of a production system depends on conservation and environmental preservation as well as economic and commercial aspects. The sustainable production of no-till corn relies on the buildup and maintenance of soil fertility and the efficient use of crop rotation/succession in order to keep the soil covered with straw throughout the agricultural year. The possibilities of combining crops in the no-tillage system rotation are enormous, but each one of them must be adapted to the soil formation and composition, the climate conditions, the amount of straw produced, and the crop nutrient requirement.

Keywords: *Zea mays*. Soil cover. Crop rotation. Desiccation. Straw. Climate. Sustainability.

INTRODUÇÃO

O milho é cultivado em grande parte do mundo. É utilizado para produção de alimentos tanto para o consumo humano quanto para o consumo animal e para a produção de energia na forma de etanol.

Existem híbridos adaptados a qualquer região do País e a qualquer sistema de produção. A escolha do híbrido pode ser a razão do sucesso ou insucesso da lavoura e deve atender a necessidades específicas, pois não existe um híbrido superior que consiga atender a todas as situações. O produtor deve, antes de tudo, fazer uma avaliação completa do híbrido, a fim de obter informações geradas pela pesquisa,

pela assistência técnica, bem como pelas empresas produtoras de sementes, pelas experiências regionais e pelo comportamento de safras passadas.

Normalmente, as novas cultivares disponibilizadas no mercado apresentam elevado potencial genético, além de outras vantagens relativas a aspectos fitossanitários, físicos e fisiológicos, capazes de proporcionar altas produtividades. Para isso, informações como comportamento das cultivares em relação às principais doenças, tipo de híbrido, ciclo, região de adaptação, cor e textura de grãos, época e densidade de plantio recomendadas, dentre outras, são fornecidas, para que os agricultores possam explorar ao máximo

o potencial genético dessas cultivares. Praticamente para toda cultivar comercial são apresentadas informações, pela empresa responsável pelas sementes, sobre o comportamento da cultivar em relação às principais doenças. Assim, os agricultores poderão optar pelo plantio de híbridos mais resistentes às principais doenças que ocorrem em sua região.

Dessa forma, é o insumo moderno de uso mais generalizado na cultura do milho, sem dúvida alguma, o primeiro passo na produção de uma cultura é a escolha da semente. O potencial produtivo do milho é o somatório do potencial genético da semente e das condições ambientais e do manejo cultural (CRUZ et al., 2006 ab).

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista FAPEMIG, Viçosa, MG, jpaes@epamig.br

²in memoriam

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Oeste-CEST, Patos de Minas, MG, alex.andrade@epamig.br



O cultivo contínuo do milho causa esgotamento acentuado de nutrientes do solo e ocasiona redução no seu rendimento. Por isso, é de extrema importância a utilização do sistema de rotação de culturas do cultivo do milho com leguminosas. Este sistema favorece a redução na adubação nitrogenada do milho cultivado após soja.

A modernização da agricultura brasileira está ligada na utilização do Sistema Plantio Direto (SPD). É importante a participação da cultura do milho em sistemas de rotação e sucessão (safrinha) de culturas, para assegurar a sustentabilidade do SPD (CRUZ et al., 2006ab).

A cultura do milho, após a colheita, disponibiliza extensa quantidade de restos culturais. Com isto ocorre redução da erosão e aumento da matéria orgânica (MO) do solo. A sustentabilidade de um sistema de produção está fundamentada em aspectos de conservação e preservação ambiental e nos aspectos econômicos e comerciais (CRUZ et al., 2006ab).

Para a produção do milho sob SPD, com sustentabilidade, estão a adequada construção e manutenção da fertilidade do solo e o emprego eficiente do sistema rotação e sucessão de culturas, tendo em vista a manutenção da cobertura do solo revestido com palha, durante todo o ano agrícola. As possibilidades de combinação de culturas na rotação do SPD são infinitas, mas a escolha de cada uma deve ser condicionada à formação e à composição do solo, às condições climáticas, à quantidade de palha produzida e ao requerimento nutricional das culturas.

DESSECAÇÃO

No SPD, a escolha dos herbicidas e do momento adequado para a dessecação da cobertura vegetal, antecedente à semeadura, é fundamental para o êxito da cultura do milho.

Atualmente existem herbicidas destinados ao controle de importantes plantas daninhas de folhas largas de difícil controle. O produto é recomendado para

uso na dessecação para plantio de várias culturas, dentre estas o milho. Um diferencial de alguns herbicidas refere-se à velocidade de controle, pois promovem um ganho operacional ao maquinário, já que na maioria das situações permite que o agricultor plante sua lavoura logo após a aplicação. Esses herbicidas agem muito rápido e possibilitam que o agricultor visualize seus efeitos logo nos primeiros dias após a sua aplicação.

No SPD, a eliminação das plantas daninhas ou culturas de cobertura de solo, é executada com herbicidas, também denominados de herbicidas de dessecação ou de manejo. Esta dessecação é essencial para viabilizar o SPD.

O grau de interferência das plantas daninhas sobre a cultura de milho pode ser modificado pelas práticas culturais favorecendo a planta cultivada no aspecto de competitividade dentro do ecossistema agrícola. É fato conhecido que as culturas podem apresentar um rápido desenvolvimento e sombreamento do solo, que, aliado às boas técnicas agronômicas, como densidade de semeadura uniforme e época adequada de plantio, bem como adubação equilibrada, levam a uma integração de métodos, que possibilita a redução das doses dos herbicidas. Cerdeira, Roessing e Voll (1981) mostraram que a utilização de cultivares bem adaptadas e vigorosas, com elevado poder germinativo e com rápido crescimento das raízes e da parte aérea, levam em curto espaço de tempo ao fechamento da cultura, diminuindo a área disponível às plantas daninhas e facilitando o seu controle. Esse controle é indispensável para o bom desenvolvimento da cultura do milho, podendo ser efetuado por meio de vários métodos, desde o manual até o químico. Entretanto, é fundamental o conhecimento do período em que a presença dessas plantas daninhas não interfira na qualidade e no rendimento de grãos.

PLANTIO

A taxa de crescimento e desenvolvimento é influenciada pela umidade do

solo, temperatura, radiação solar e fotoperíodo. A época de semeadura depende destes fatores, cujos limites extremos são variáveis em cada região agroclimática (MUNDSTOCK, 1995).

O plantio do milho por vários anos pode provocar a formação de uma camada compactada abaixo de 5 cm de profundidade de semeadura. A presença desta camada compromete o rendimento da cultura do milho, pois, em caso de ocorrência de déficit hídrico, o teor de água nesta camada compromete o desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, a redução do rendimento do milho.

Em trabalho conduzido pela EPAMIG, em parceria com o Clube dos Amigos da Terra de Uberaba, avaliaram-se dois sistemas de corte (botinha e disco), duas profundidades de distribuição do fertilizante (8 e 12 cm) e aplicação do fertilizante a lanço na camada superficial do solo sobre o rendimento do híbrido de milho DKB 420.

Em solo com camada compactada a utilização da botinha cortando o solo, a 8 cm e a 12 cm de profundidade, foi mais eficiente que a utilização de disco, e propiciou maior rendimento dessa cultura (Tabela 1).

A Tabela 2 ilustra que a utilização da botinha e do disco possibilitou melhor distribuição do fertilizante a 8 cm e a 12 cm de profundidade e propiciou maior produtividade do milho em relação à aplicação do fertilizante a lanço na camada superficial do solo.

Averiguou-se que a profundidade das raízes foi maior, quando utilizados a botinha e o disco na profundidade de distribuição de adubo a 12 cm. Quando se fez a aplicação do fertilizante a lanço na camada superficial do solo, as raízes foram encontradas em apenas 8 cm de profundidade, ou seja, a aplicação do fertilizante a lanço pode comprometer a produção do milho em anos com baixo volume de chuvas (Tabela 3).

É fundamental que a cultura do milho inicie seu ciclo sem a presença de plantas daninhas. Por isso, no dia do plantio, a área deve estar completamente livre



Tabela 1 - Efeito do sistema de corte e profundidade de distribuição do fertilizante sobre a produtividade (saca/ha) do híbrido de milho DKB 420

Sistema de corte	Profundidade (cm)	
	8	12
	Produtividade (saca/ha)	
Botinha	133,8 Aa	138,2 Aa
Disco	124,2 Ba	128,9 Ba

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Tabela 2 - Efeito da botinha e do disco em duas profundidades de distribuição do fertilizante em relação à distribuição a lanço sobre a produtividade do híbrido de milho DKB 420

Tratamento	Produtividade (saca/ha)
Botinha a 12 cm	⁽¹⁾ 138,2
Botinha a 8 cm	⁽¹⁾ 133,8
Disco a 12 cm	⁽¹⁾ 129,0
Disco a 8 cm	⁽¹⁾ 124,2
Fertilizante a lanço	121,2

(1) Diferem pelo teste de Dunnett, a 5 % de probabilidade.

Tabela 3 - Efeito da botinha e do disco em duas profundidades de distribuição do fertilizante em relação à distribuição a lanço sobre a profundidade de raízes do rendimento do híbrido de milho DKB 420

Tratamento	Profundidade de raízes (cm)
Botinha a 12 cm	16
Botinha a 8 cm	10
Disco a 12 cm	13
Disco a 8 cm	10
Fertilizante a lanço	8

dessas espécies. Quando o controle nessa época não é bem-feito, as plantas daninhas começam a rebrotar após a semeadura do milho, causando perdas significativas de produtividade. A integração do controle químico com o cultural faz parte do manejo. Se no período anterior à dessecação, o solo não for ocupado com base em um planejamento técnico da área, certamente haverá condições para o estabelecimento das plantas daninhas. Culturas que produzem grande quantidade de palha, como braquiária, trigo, aveia, provocam tanto o impedimento físico para a germinação das plantas daninhas como também os efeitos alopatóicos que ajudam no controle.

Após a semeadura, o controle é feito com herbicidas seletivos para aplicação em pré e pós-emergência. No caso do milho geneticamente modificado, utiliza-se glifosato isoladamente ou até mesmo combinado com herbicidas para controle de folhas largas pós-emergentes para eliminar plantas de soja geneticamente modificadas.

A utilização de espaçamento reduzido pode aumentar o rendimento de grãos, por melhorar a distribuição espacial das plantas (FLÉNET, 1996; PASZIEWICZ, 1996); melhorar o controle de plantas daninhas (SWOBODA, 1996); reduzir a erosão (PENDLETON, 1965); melhorar a qualidade de plantio (DUPONT; PIONEER, 2003). Tem-se observado que espaçamentos reduzidos propiciam melhor distribuição da palha de milho sobre a superfície do solo, após a colheita, favorecendo o SPD.

ROTAÇÃO DE CULTURAS

De acordo com Guareschi e Pereira (2015), a rotação de culturas é um princípio fundamental do SPD. Contudo, no Cerrado, esta rotação vem sendo substituída gradativamente pela sucessão de culturas, principalmente por causa do pequeno número de culturas econômicas utilizado na época de outono/inverno ou dos aspectos de manejo e logística, pois a preferência



é investir na sucessão milho/soja ou soja/milheto. Essas sucessões podem acarretar uma cobertura do solo inadequada e insuficiente, não garantindo boa cobertura com resíduos culturais, com adição de MO incapaz de manter ou melhorar os atributos químicos ou físicos do solo.

Os benefícios da rotação de culturas não se limitam apenas ao aumento da produtividade, envolvem também a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, além da redução de pragas, doenças e plantas daninhas.

As forrageiras mais utilizadas no consórcio com culturas anuais têm sido as do gênero *Urochloa* e *Panicum*. Quando implantadas simultaneamente com a cultura do milho, o manejo das forrageiras, a fim de evitar a competição, é um pouco mais fácil, quando comparado ao da soja. O estabelecimento da forrageira com a cultura da soja em plantio simultâneo ocorre em condições de competição, sendo de primordial importância o manejo correto de herbicidas, a fim de evitar a interferência da pastagem na cultura.

Os resultados revelam que o uso de culturas de sucessão ao milho no Cerrado pode ser promissor, quando se leva em conta sua produção de biomassa e adaptação às condições de entressafra na região. A seleção de espécies rústicas, que tolerem a falta de chuvas nesse período, aliada à persistência de seus resíduos e à liberação de nutrientes, deve ser levada em consideração, quando visa ao correto manejo e à conservação do solo. A persistência dos resíduos durante as épocas críticas do ano no Cerrado, como a estação seca, depois das primeiras chuvas e durante o início do desenvolvimento da cultura comercial, atenuará a radiação solar direta e a ação de agentes erosivos, como o impacto das gotas de chuva (SODRÉ FILHO et al., 2004).

Um sistema de plantio que apresenta inúmeras vantagens na construção da fertilidade do solo é o SPD. Dentre os benefícios inerentes à implantação do sistema, citam-se: maior conservação da

umidade do solo; maior aproveitamento da água disponível pelas plantas; manutenção de níveis satisfatórios de MO no solo; propicia a ocorrência de menor amplitude térmica no solo, favorecendo a fisiologia e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas; contribui para a melhoria da porosidade total do solo; proporciona maior tolerância da planta a períodos de estiagem, etc.

Souza (1980) descreve que o desenvolvimento radicular do milho é favorecido pelo uso de coberturas mortas que produzem grande volume de raízes, aumenta a porosidade do solo e diminui a resistência mecânica, facilitando o crescimento e o desenvolvimento das raízes da cultura do milho (Fig. 1).

Cerdeira, Roessing e Voll (1981) mostraram que a utilização de cultivares bem adaptadas e vigorosas, com elevado poder germinativo e com rápido crescimento das raízes e da parte aérea leva, em curto espaço de tempo, ao fechamento da cultura, diminuindo a área disponível às plantas daninhas e facilitando o seu controle.

Na fase inicial de crescimento, verificou-se maior velocidade de emergência e desenvolvimento mais uniforme e vigoroso do milho em plantio direto. Esse efeito foi decorrente da maior retenção de umidade promovida pelo sistema, sobretudo nos primeiros 10 cm do solo. O resultado foi uma população inicial mais elevada por unidade de área, sobretudo quando houve estiagem nessa fase de desenvolvimento da cultura (MUZILLI et al., 1983).

Muzilli et al. (1983) relataram que em condições favoráveis à ocorrência de acamamento (chuvas e ventos fortes), foi observado menor índice de danos em plantio direto. O fato é atribuído à maior firmeza do solo, o que favorece melhor fixação das plantas.

O SPD apresenta potencial para mitigar a emissão de dióxido de carbono (CO_2), uma vez que a rotação de culturas e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo proporcionam a decomposição gradual do material orgânico, que,

associado à fração mineral, favorece o aumento do carbono (C) no solo (AMADO et al., 2001; SÁ et al., 2001). O potencial de mitigação depende das condições climáticas, como temperatura e umidade (FANG; MONCRIEFF, 2001), dos tipos de solo e da mineralogia com relação à proteção física da MO (MADARI et al., 2005).

Conforme Siqueira Neto et al. (2009), a temperatura do solo influenciou as emissões de CO_2 , com aumento destas no período de temperaturas mais elevadas. Por esta razão, as emissões de CO_2 apresentaram correlação significativa com a temperatura do solo, com emissões médias 40% menores, registradas nos meses com temperaturas mais baixas. A atividade agrícola pode alterar a quantidade e qualidade da MO do solo, resultando em emissões de CO_2 e óxido nitroso (N_2O) do solo para a atmosfera. O SPD, com a utilização de leguminosas em sistemas de rotação, é uma estratégia que deve ser considerada tanto para o aumento da quantidade de MO do solo como para seu efeito na redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEEs).

Na avaliação das emissões acumuladas por unidade de produto – grãos/matéria seca (MS) –, pesquisadores da Embrapa Cerrados observaram que o SPD com milho na presença de nitrogênio (N) e com milheto, como planta de cobertura, resultou na menor intensidade de emissão: 77 mg/kg de N_2O de grãos produzidos. Esse resultado foi obtido em comparação com outras espécies de plantas de cobertura, a exemplo do sistema com a leguminosa *Canavalia brasiliensis* (feijão-bravo-do-ceará), que apresentou emissão de 100 mg/kg de N_2O de grãos.

As culturas leguminosas foram mais eficazes na redução da emissão de N_2O nos sistemas agrícolas. A adubação nitrogenada promoveu aumento nas emissões de N_2O , principalmente com o aumento do grau de saturação de água no solo. Quando se faz a rotação com a soja, ocorre diminuição das deficiências de N e evolução da produtividade de milho em plantio direto.





Figura 1 - Área de plantio de milho com cobertura de *Urochloa brizantha* (braquiarião)

Nota: Vinte dias após dessecação com 3 kg/ha de roundup WG.

Observam-se a abundância de raízes e a eficiência de cobertura do solo.

O controle de doenças, pragas e plantas daninhas; a maior proteção do solo e a reciclagem de nutrientes são benefícios importantes na rotação que inclui a cultura da soja e do milho. Por estes fatores, as propriedades que têm a soja como cultura principal deveriam receber a cada três anos a cultura do milho, que se apresenta como a forma de rotação mais viável, tecnicamente, e a mais rentável para o cultivo de verão (JANDREY; TISOT; MADALOZ, 2018).

A eficácia da rotação de culturas, usada integradamente com outras medidas de controle, tem sido demonstrada para a redução da severidade de doenças em outras culturas, como, por exemplo, os cereais de inverno. Porém, sua potencialidade de uso em milho no Brasil ainda não tem sido devidamente quantificada (REIS; CASA; BRESOLIN, 2004).

A prática de rotação de culturas pode ser considerada uma medida importante de controle para patógenos causadores das podridões da espiga. A utilização de população de plantas adequadas às condições da lavoura e do híbrido e o conhecimento dos ciclos biológicos das espécies de fungos envolvidos com a produção de micotoxinas podem contribuir para a redução da incidência de grãos ardidos. Consequentemente, reduz os danos na quantidade e na qualidade dos grãos de milho, e beneficia de forma significativa os produtores rurais e o consumidor final (TRENTO; IRGANG; REIS, 2002).

MILHO SAFRINHA X SISTEMA PLANTIO DIRETO

O milho safrinha é uma das culturas que mais produz palha no outono-inverno, porém não proporciona grande porcentagem de solo coberto. Contudo, em consórcio com uma espécie forrageira, proporciona altas coberturas de solo (CECCON, 2007). Essa modalidade de consórcio tem demonstrado ser importante alternativa para manter a cultura de rendimento econômico, por aumentar o aporte de massa na superfície do solo e propor-

cionar retorno econômico na sucessão soja/milho safrinha.

O milho safrinha de segunda safra ou de outono é uma importante alternativa para intensificar o uso da terra e, assim, aumentar a renda do produtor rural. No entanto, é motivo de preocupação o fato de que muitos produtores têm adotado o sistema milho safrinha/soja de forma contínua, chegando o sistema a ocupar imensas áreas agricultáveis no Brasil.

O milho safrinha é cultivado em um ambiente peculiar, com menor oferta de água e calor em comparação ao milho verão. O agricultor, muitas vezes, encontra dificuldade em implantar a rotação, optando por uma determinada cultura em função da previsão de melhores oportunidades de comercialização do produto final naquele ano agrícola. Dessa forma, na maioria das regiões produtoras de milho safrinha predomina o cultivo contínuo de soja no verão e milho safrinha no outono-inverno há mais de uma década, sendo o milho a única cultura utilizada no verão em sucessão à soja, ou seja, em alguns anos ocorre também a semeadura do milho no verão antecedido ou seguido de milho safrinha (FATIN; DUARTE; BARROS, 2013/2014).

A utilização da variedade de soja precoce diminuiu o risco de plantio do milho safrinha, pois adianta a semeadura em pelo menos 15 dias. A qualidade da semente dos híbridos é necessária para que o milho expresse todo o seu potencial de produção. Por isso é indispensável ter sempre um sistema de produção, para que os híbridos de milho alcancem altas produtividades.

Pegorare et al. (2009) fizeram os cálculos da viabilidade econômica utilizando-se os índices financeiros para o custo de produção do milho safrinha de 2005 e as tarifas de energia homologadas na ANEEL nº 74, utilizando-se irrigação suplementar de 160, 360, 410 e 510 mm na cultura do milho safrinha e concluíram que o incremento das lâminas aplicadas acarretou aumentos lineares na fisiologia da planta.

A irrigação suplementar foi essencial para aumentar a produtividade do milho safrinha, e esta produtividade não se converteu em maior renda líquida.

Os restos vegetais produzidos pelo milho de segunda safra, embora em quantidades próximas de 6 t/ha, não proporcionam uma cobertura satisfatória do solo. Esse fato, além de favorecer a ocorrência da erosão hídrica, aumenta a temperatura do solo e as perdas de água por evaporação.

De acordo com Roos (2000), as braquiárias são amplamente adaptadas e disseminadas nos Cerrados e ocupam 85% da área com pastagem. Aidar et al. (2000), ao estudarem cinco diferentes fontes de resíduos para cobertura morta, em Latossolo Roxo de alta fertilidade, na região do Brasil Central, observaram que, dentre as principais culturas anuais, apenas os restos culturais do milho foram suficientes, quantitativamente, para formação de cobertura morta e proteção adequada da superfície do solo. Nesse mesmo estudo, foi observado que a palha de braquiária, associada aos restos culturais do milho, ultrapassou 117 t/ha de MS, mantendo-se suficiente para proteção plena da superfície do solo por mais de 107 dias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do milho é uma das mais importantes no Brasil. Impulsiona as cadeias produtivas da suinocultura e da avicultura de corte, entre outras. A transferência das informações obtidas pela pesquisa torna-se importante quando são divulgadas e efetivamente utilizadas pelo agropecuarista. Hoje, praticamente, toda a área de plantio de milho ocorre sob o SPD. A utilização da variedade de soja precoce, diminuiu o risco de plantio do milho safrinha, pois adianta a semeadura em pelo menos 15 dias. A qualidade da semente dos híbridos é necessária, para que o milho expresse todo o seu potencial de produção. Por isso é indispensável ter sempre um sistema de produção, para que os híbridos de milho expressem todo o potencial genético, alcançando altas produtividades.



HOMENAGEM

Ao pesquisador Dr. Cícero Monti Teixeira (in memoriam), o nosso eterno agradecimento pela amizade, pelo companheirismo, pela confiança, pela dedicação à pesquisa. Um ser humano que sempre esteve de bem com a vida.

AGRADECIMENTO

À EPAMIG, pelo apoio na coordenação deste Informe Agropecuário, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo aporte financeiro às pesquisas e à concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, H. et al. Bean production and white mould incidence under no-till system. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v.43, p.150-151, Mar. 2000.
- AMADO, T.J.C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.1, p.189-197, jan./mar. 2001.
- CECCON, G. Milho safrinha com solo protegido e retorno econômico em Mato Grosso do Sul. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 16, n.97, p.17-20, jan./fev. 2007.
- CERDEIRA, A.L.; ROESSING, A.C.; VOLL, E. **Controle integrado de plantas daninhas em soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1981. 47p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 4).
- CRUZ, J.C. et al. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006a. 12p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 87).
- CRUZ, J.C. et al. Manejo da cultura do milho em Sistema Plantio Direto. **Informe Agropecuário**. Cultivo do milho no Sistema Plantio Direto, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.42-53, jul./ago. 2006b.
- DUPONT; PIONEER. **Tecnologias integradas: soluções técnicas para a agricultura**. Barueri, 2003. 19p.
- FANG, C.; MONCRIEFF, J.B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. **Soil Biology and Biochemistry**, v.33, n.2, p.155-165, Feb. 2001.
- FANTIN, G.M.; DUARTE, A.P.; BARROS, V.L.H.P. de. Rotação interativa. **Cultivar: grandes culturas**, Pelotas, ano 15, n.175, p.28-30, dez. 2013/jan. 2014.
- FLÉNET, F. et al. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.2, p.185-190, Mar./Apr. 1996.
- GUARESCHI, R.F.; PEREIRA, M.G. Cerrado: o que vem sendo realmente praticado. **A Granja**, n.795, p.71-73, mar. 2015.
- JANDREY, D.; TISOT, B.; MADALOZ, J.C. **5 motivos para incluir milho na rotação de culturas visando a sustentabilidade da soja**. Blog Agronegócio em Foco. [S.l.], 2018. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/42/5-motivos-para-incluir-milho-na-rotacao-de-culturas-visando-a-sustentabilidade-da-soja>>. Acesso em: 4 abr. 2018.
- MADARI, B. et al. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.80, n.1/2, p.185-200, Jan. 2005.
- MUNDSTOCK, C.M. Aspectos fisiológicos da tolerância do milho ao frio. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 3., 1995, Assis. **Resumos...** Campinas: IAC, 1995. p 45-48.
- MUZILLI, O. et al. Comportamento e possibilidades da cultura do milho em plantio direto no estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.1, p.41-47, jan. 1983.
- PASZKIEWICZ, S. Narrow row spacing influence on corn yield. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 51., 1996, Chicago. **Proceedings...** Washington: ASTA, 1996. p.130-138.
- PEGORARE, A.B. et al. Irrigação suplementar no ciclo do milho "safrinha" sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.3, p.262-271, maio/jun. 2009.
- PENDLETON, J. Cultural practices: plant density and row spacing for corn. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 20., 1965, Chicago. **Proceedings...** Washington: ASTA, 1965. p. 51-58.
- REIS, E.M.; CASA, R.T.; BRESOLIN, A.C.R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2.ed. Lages: Graphel, 2004. 144p.
- ROOS, L.C. Impacto econômico da integração-pecuária em semeadura direta. In: ENCONTRO REGIONAL DE SEMEADURA DIRETA NO CERRADO, 4., 1999. Uberlândia. **Semeadura direta na Integração-Lavoura-Pecuária**. Uberlândia: UFU, 2000. p.25-30.
- SÁ, J.C.M. et al. Organic mater dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, n.5, p.1486-1499, Sept. 2001.
- SIQUEIRA NETO, M. et al. Rotação de culturas no Sistema Plantio Direto em Tibagi (PR): II - emissões de Co₂ e N₂o. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.4, p.1023-1029, jul./ago. 2009.
- SODRÉ FILHO, J. et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.4, p.327-334, abr. 2004.
- SOUZA, J.A. de. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. **Informe Agropecuário**. Cultivo do milho no Sistema Plantio Direto, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.26-40, jul./ago. 1980.
- SWOBODA, R. Interest grows in narrow corn. **Wallaces Farmer**, Spencer, v.121, n.1, p.6-7, Jan. 1996.
- TRENTO, S.M.; IRGANG, H.H.; REIS, E.M. Efeito de rotação de culturas, de monocultura e de densidade de plantas na incidência de grãos ardidos em milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, n.6, p.609-613, nov./dez. 2002.



Cultivo do trigo no Sistema Plantio Direto no Cerrado

Maurício Antônio de Oliveira Coelho¹

Resumo - Na Região Sul do Brasil, a cultura do trigo faz parte do planejamento de rotação de culturas no Sistema Plantio Direto (SPD) adotado pela maioria dos produtores. Nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste a cultura vem ganhando espaço na entressafra, e os produtores estão percebendo, aos poucos, os benefícios diretos e indiretos com a inclusão do trigo no SPD. A rotação de culturas é prática fundamental para a sustentabilidade do sistema, visto que a insistência nas monoculturas inviabiliza com o tempo aqueles aspectos relacionados com o controle de pragas e, principalmente, de doenças. Neste sentido, atualmente em Minas Gerais, a rotação com o cultivo do trigo contribui enormemente com o SPD, visto que a palha do trigo não é hospedeira da maioria das doenças presentes nas culturas de verão, como soja, feijão, milho e hortaliças de modo geral. Além da melhoria dos aspectos sanitários, a palha do trigo promove melhoria nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, tais como redução na erosão laminar, estruturação das partículas do solo, redução da aplicação de herbicidas na cultura de verão, além de fornecer substrato essencial para atividade biológica do solo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. Rotação de cultura. Palha. Sustentabilidade.

Growing wheat under no-tillage in the Cerrado

Abstract - In the South of Brazil, the wheat culture is part of the planning of culture rotation in the no-till farming, adopted by most of the producers. In the Southeastern and Mid-West regions this culture has been gaining space in the off-season and the producers are gradually realizing the direct and indirect benefits with the insertion of wheat in the no-till farming. The crop rotation is a major practice for the sustainability of the system, since the insistence in the monoculture invalidates with time those aspects related to the pest control and, mainly, diseases. That way, currently, in Minas Gerais, the rotation with wheat culture contributes vastly with the no-till farming, once the wheat straw is not a host of most of the diseases contained in summer crops as soy, beans, corn, and greenery, in general. Besides the improvement of the sanitary aspects, the wheat straw promotes an improvement in the physical, chemical, and biological conditions of the soil, such as decrease in the laminar erosion, structure of the soil particles, decrease in the herbicides application in the summer culture, besides providing an essential substratum for the biological activity of the soil.

Keywords: *Triticum aestivum*. Crop rotation. Straw. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Na Região Sul do Brasil a cultura do trigo faz parte do sistema de rotação de culturas adotado pela maioria dos agricultores. Além de vantagens econômicas advindas da comercialização dos grãos, a palha do trigo tem boa capacidade de produção de massa para cobertura do solo. Os benefícios diretos e indiretos do resíduo vegetal dessa cultura a torna uma das principais opções de cultivo na entressafra de verão dessa região.

Entretanto, nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, os produtores ainda não têm

uma percepção completa dos benefícios indiretos trazidos pela palha do trigo. A cultura não está incorporada de forma consistente no planejamento da rotação de culturas em áreas onde o Sistema Plantio Direto (SPD) já está implantado. A cultura ainda é analisada principalmente sob o ponto de vista do lucro direto da venda de grãos. Em Minas Gerais especificamente, ocorreu crescimento significativo na área semeada e na produção de grãos de trigo entre os anos de 2012 e 2015 (Tabela 1). Nesse caso, o que tem atraído os produtores são os bons preços obtidos na comer-

cialização dos grãos. Aos poucos alguns produtores mineiros percebem inúmeras vantagens indiretas do cultivo do trigo, dentre as quais citam-se:

- baixo custo de implantação por causa do aproveitamento da adubação residual da cultura de verão;
- boa cobertura do solo promovida pela palha residual, o que dificulta a emergência de plantas daninhas na área, reduzindo custos com aplicação de herbicidas na implantação da cultura de verão (Fig. 1);

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Oeste-CEST/Bolsista FAPEMIG, Patos de Minas, MG, mauricio@epamig.br



- c) manutenção da umidade e da atividade biológica no solo decorrente da palha de cobertura;
- d) redução no potencial de inóculo na área, visto que a palha do trigo não é hospedeira da maioria das doenças que ocorrem atualmente nas culturas da soja, feijão, milho e hortaliças de modo geral.

Assim, além da possibilidade de rentabilidade satisfatória com a comercialização do grão, a redução dos custos com a próxima safra é um benefício indireto do cultivo do trigo, tanto no uso de herbicidas quanto de fungicidas, o que vem estimulando novos produtores a optarem pelo cultivo do trigo na entressafra.

Apesar da palha do trigo ser considerada de decomposição lenta por sua relação

carbono/nitrogênio (C/N) alta, igual a 70 (RICCI; NEVES, 2006), ocorre gradativa humificação desses resíduos. Ao fazer opção pelo cultivo do trigo na entressafra, em contraposição ao pousio, o produtor estará adicionando matéria orgânica (MO) no solo. Esta prática resulta diretamente em melhorias das condições físicas, químicas e biológicas do solo.

ROTAÇÃO DE CULTURAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

A sustentabilidade do SPD passa obrigatoriamente pela eficiência no controle de pragas e, principalmente, das doenças que fazem parte do ciclo de vida das culturas estabelecidas. Atualmente, está muito bem definido que três técnicas culturais integradas garantem o sucesso do SPD: cultivares resistentes, sementes sadias e/ou tratadas e rotação de culturas. Na impossibilidade de contar com cultivares resistentes, quer seja por inexistência de resistência conhecida para uma determinada doença, quer seja pelo fato de a cultivar resistente não

Tabela 1 - Comparativo de área, produção e produtividade de trigo em Minas Gerais

Safra (ano)	Área (mil ha)	Produção (mil t)	Produtividade (kg/ha)
2012	21,5	80,17	3.753
2013	36,2	119,8	3.309
2014	68,0	204,3	3.004
2015	82,2	245,1	2.982
2016	84,3	219,1	2.599
2017	84,6	226,6	2.662
2018	83,7	207,2	2.475

Fonte: CONAB (2018).



Figura 1 - Palha residual do trigo – Rio Paranaíba, MG, 2017



ter mais interesse agrônomo, Goulart (2009) afirma que as outras duas técnicas são obrigatórias no SPD. Segundo esse autor, as sementes sadias e/ou tratadas são recomendadas para evitar introdução de parasitas necrotróficos na lavoura. Essa prática também deverá ser acompanhada da rotação de culturas na área, aumentando o tempo de decomposição dos restos culturais infectados e, conseqüentemente, baixando o potencial contaminante da fonte de inóculo para cultivos posteriores.

PALHA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

O SPD tem como propriedade principal a manutenção e a melhoria das características físicas, químicas e biológicas dos solos. Para alcançar esses benefícios, há necessidade de conciliar as experiências e os conhecimentos adquiridos ao longo das últimas décadas com planejamento, adotando práticas conservacionistas fundamentadas na ausência de revolvimento e cobertura permanente do solo e rotação de culturas. Entretanto, a falta de palha no sistema é um problema encontrado principalmente em regiões com pouca chuva na entressafra. Nessas regiões, em áreas onde não é possível o cultivo irrigado, a baixa pluviosidade entre os meses de abril a setembro inviabiliza o cultivo da maioria das espécies comerciais. É exatamente nesse cenário que a cultura do trigo aparece como boa opção de cultivo. Atualmente, com a disponibilidade de cultivares bem adaptadas às temperaturas elevadas do clima tropical e tolerância ao déficit hídrico, produtores têm obtido benefícios diretos com produtividades suficientes para pagar o investimento em insumos, e indiretos, com a formação de palha capaz de deixar o solo com significativa massa de cobertura morta.

A imediata importância da presença da palha no SPD está relacionada com a capacidade de impedir o impacto direto das gotas de chuva sobre as partículas da camada superficial do solo, praticamente eliminando as possibilidades de erosão laminar na área. Ao reduzir a força do im-

pacto das gotas de chuva com as partículas de solo, reduz a dispersão das partículas componentes dos agregados e evita o arraste destas pelas águas das chuvas, principalmente em áreas com declividade superior a 3%.

A eficiência da palha está diretamente relacionada com a porcentagem de cobertura do solo e com o volume da massa vegetal acumulada (Fig. 2). A camada de palha sobre a superfície impede também a incidência direta dos raios solares e do vento sobre partículas e agregados do solo. Esta camada protetora reduz a temperatura da camada superficial do solo e diminui a evaporação da água, mantendo por mais tempo a quantidade de água armazenada no solo. A manutenção de temperaturas mais baixas e umidade no solo melhora principalmente sua atividade biológica. Os microrganismos vão atuar na transformação do resíduo vegetal em húmus, reconhecido como principal agente cimentante na formação de agregados.

Outra característica importante da palha está relacionada com a atividade microbiana do solo. A MO é a principal fonte de energia para microrganismos aeróbios decompositores que promovem

a humificação dos resíduos vegetais. Conseqüentemente, a formação do húmus viabiliza a estruturação do solo com formação de agregados.

A presença de resíduos vegetais e material humificado no solo também proporciona melhoria nas suas qualidades físicas. Os compostos orgânicos reduzem a densidade do solo e, conseqüentemente, aumenta a porosidade e a aeração do solo. Essas condições facilitam o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e permitem que haja um volume maior de solo explorado.

Nos solos das regiões tropicais, com temperaturas elevadas e presença de umidade, ocorre rápida decomposição dos resíduos vegetais e reciclagem de nutrientes. Como resultante da decomposição dos resíduos, ocorre produção de substâncias húmicas. Estas, por sua vez, são capazes de promover a complexação do alumínio trocável presente no solo, sendo considerado outro grande benefício oriundo da MO do solo. De acordo com Salet (1998), por ser mais duradoura, a complexação do alumínio do ponto de vista de redução da fitotoxidez parece ser mais importante que o efeito direto da MO no pH do solo.



Figura 2 - Cultura do trigo – Patos de Minas, MG, 2014

Maurício Antônio de Oliveira Coelho

CARACTERÍSTICAS DA PALHA DE TRIGO

A decomposição dos resíduos orgânicos no solo é realizada principalmente por microrganismos aeróbios, transformando tais resíduos em húmus. O tempo para que esse processo se complete depende de vários fatores, tais como: temperatura, umidade, oxigênio e relação C/N do resíduo. Em regiões tropicais, com a presença de temperaturas mais altas ocorre uma intensificação no processo de transformação da MO, desde que os outros fatores não estejam em condições limitantes.

Assim, para que haja equilíbrio na dinâmica da decomposição dos diferentes resíduos vegetais que fazem parte do SPD, torna-se necessário equilibrar a adição de palha com relação C/N mais baixa e relação C/N mais alta. Enquanto o resíduo de relação C/N mais baixa estimula o crescimento da população microbiana e, conseqüentemente, parte do carbono sai do sistema na forma de CO₂, o resíduo de relação C/N mais alta garante por mais tempo as formas orgânicas no solo, melhorando a retenção de umidade e aumentando sua capacidade de troca de cátions (CTC).

De acordo com Bayer et al. (2000), a utilização de culturas alternativas na entressafra, após o cultivo de leguminosas, incrementa a quantidade de resíduos orgânicos ao solo, favorecendo o acúmulo de MO. O conhecimento da taxa de decomposição dos resíduos fornece informações importantes sobre o tempo de permanência de determinada palha no solo.

De acordo com Primavesi, Primavesi e Armelin (2002), a quantidade de nutrientes acumulados por espécie utilizada como planta de cobertura depende da própria espécie, da fertilidade do solo, do estágio fenológico, da relação C/N da espécie, da época de plantio e das condições climáticas locais. Em condições tropicais, resíduos com relação C/N mais baixa associados às temperaturas mais elevadas, umidade e revolvimento do solo, são condições ideais para a rápida transformação dos resíduos vegetais e queda no teor de MO do solo.

Nesse ambiente, o SPD preserva por mais tempo a MO no solo, pois o revolvimento se restringe às linhas de plantio, e a palha acumulada na superfície reduz as temperaturas nas camadas superficiais do solo, onde se concentra a quantidade maior de MO. Segundo Canali (2009), o SPD libera nutrientes para o solo gradativa e continuamente, reduzindo a perda de carbono do solo por meio da liberação de CO₂.

Oliveira e Borszowski (2012) avaliaram a taxa de decomposição da palha de trigo em Ponta Grossa (PR), e observaram que aos 140 dias após o manejo da cultura o remanescente da palha foi de 85%. Esses autores observaram que a palha do trigo apresenta uma cinética de decomposição caracterizada por uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta. Wieder e Lang (1982) afirmam que na fase inicial ocorre a transformação daqueles materiais de fácil decomposição, como açúcares e proteínas, ficando para o final, o material recalcitrante, como celulose, gorduras, tanino e lignina. De acordo com Canali (2009), os materiais mais resistentes à decomposição estão relacionados com os teores mais elevados de lignina.

Assis et al. (2005), ao estudarem a decomposição de várias espécies, observaram que houve decomposição de 30% e 31% para aveia e milho, respectivamente, 120 dias após a colheita. Segundo esses autores, espécies pertencentes à mesma ordem tendem a se decompor dentro de prazos semelhantes. Para a cultura do trigo, a velocidade de decomposição da palha está relacionada com o sistema de cultivo empregado. Em sistemas convencionais, onde ocorre revolvimento do solo e os resíduos de trigo são enterrados, a decomposição é mais rápida por haver maior exposição da palha ao ataque microbiano no solo (SCHOMBERG; STEINER; UNGER, 1994).

CONTROLE CULTURAL E EFEITO ALELOPÁTICO DA PALHA DO TRIGO

Na Região Sul do Brasil, o trigo é reconhecidamente uma alternativa impor-

tante para reduzir custos na implantação da cultura de verão. Possui algumas características ecológicas que impedem a concorrência das plantas daninhas. A presença da cultura do trigo na área, com densidades de sementes que variam de 300 a 450 sementes por metro quadrado, além da sua capacidade de perfilhamento, compete intensivamente pelo espaço, dando pouca possibilidade às plantas daninhas de germinarem, desenvolverem e se estabelecerem na área. O pequeno espaçamento entrelinhas recomendado na semeadura, que normalmente varia de 17 a 20 cm, promove em 15 dias após a germinação o início da fase de perfilhamento, propiciando rapidamente cobertura de 100% da área (Fig. 3). A época de semeadura do trigo pode ser usada como estratégia para impedir a germinação e a produção de sementes pelas plantas daninhas, e pode ser planejada estrategicamente de tal forma que ocupe a área naquelas épocas mais propícias à germinação das plantas daninhas de inverno.

A capacidade que determinadas espécies possuem em produzir compostos orgânicos e estes exercerem efeitos diretos ou indiretos sobre outras espécies é conhecida como efeito alelopático (HAGEMANN et al., 2010). Estes efeitos podem-se manifestar tanto na germinação quanto em outros estágios do crescimento e desenvolvimento das plantas, e atingir funções vitais como respiração, fotossíntese, divisão celular, reprodução e nutrição (PIRES; OLIVEIRA, 2011). A liberação desses compostos pode ocorrer naturalmente pela exsudação de raízes ou ainda pela decomposição dos resíduos contidos na palha deixada pela cultura antecessora, que pode variar de acordo com o ambiente (INDERJIT; KEATING, 1999). O potencial alelopático das culturas de cobertura depende da quantidade de resíduo vegetal e das plantas daninhas presentes no Banco de Sementes do solo. Os aleloquímicos presentes nas plantas de cobertura de solo são solúveis em água e são liberados no ambiente por volatilização, exudação radicular, lixiviação e decomposição de tecidos





Figura 3 - Cultura do trigo na fase de perfilhamento – Madre de Deus de Minas, MG, 2010

Maurício Antônio de Oliveira Coelho

de plantas. Estas substâncias liberadas causam alterações fisiológicas e/ou morfológicas, influenciando processos como germinação, crescimento, florescimento, frutificação, senescência e abscisão nas espécies sensíveis (CORREIA; DURIGAN; KLINK, 2006).

Estudos mostram que o trigo possui potencial alelopático reconhecido, com supressão no desenvolvimento de plantas daninhas (TESIO; FERRERO, 2010). A atividade alelopática da palha de trigo sobre diferentes plantas daninhas tem mostrado, para a maioria dos casos, efeito inibitório sobre *Spergula arvensis* e *Avena fátua* (inibição de 74%). Além disso, a palha de trigo afeta a germinação, crescimento, quantidade de proteína solúvel e teor de clorofila total para *Trianthema portulacastrum* (beldroega-cavalo-do-deserto) (BENSCH T. et al., 2007; KHALIQ et al., 2011;). Esse pronunciado efeito alelopático da palha de trigo é atribuído à presença de ácidos

hidroxâmicos e compostos relacionados com ácidos fenólicos, que podem ser liberados a partir da decomposição da parte aérea ou pela exsudação desses compostos através das raízes (LAM et al., 2012). Dentre os principais compostos que podem estar envolvidos com o potencial alelopático do trigo, destacam-se o ácido hidroxâmico (2,4-Dihydroxy-7-Methoxy-1,4-Benzoxazin-3-one) e o produto de sua decomposição, o ácido 6-methoxy-benzoxazolin-2-one (PÉREZ, 1990; WU et al., 1999; LAM et al., 2012). Para o conteúdo de ácidos fenólicos em tecidos da parte aérea de trigo, há relatos de sete ácidos diferentes em um conjunto de genótipos avaliados (p-hidroxibenzoico, vanílico, siríngico, trans-p-cumárico, cis-p-cumárico, trans-ferúlico, e cis-ferúlico) (WU et al., 2001).

Trevizan (2014) avaliou o potencial alelopático de extratos aquosos de diferentes cultivares de trigo e sua influência sobre a germinação de soja e buva (*Conyza*

bonariensis e *C. canadensis*). Esse autor concluiu que existe influência alelopática de extratos aquosos de trigo sobre a germinação de buva e variabilidade genotípica quanto ao potencial alelopático do trigo. A concentração equivalente a 3 t/ha foi a que mais inibiu a germinação, chegando a 100% de inibição para a espécie buva. O manejo no inverno ou após a cultura de verão é importante pois plantas pequenas de buva são controladas com maior facilidade se comparadas às grandes. O cultivo da área e o uso de herbicidas são alternativas eficientes. O cultivo da área com trigo, centeio ou aveia diminui o número de plantas de buva, quando comparados com áreas não cultivadas, deixadas em pousio (REUNIÃO..., 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente a demanda de trigo em Minas Gerais é muito superior à oferta do cereal produzido internamente. Nos últimos anos observa-se um crescimento

significativo na área plantada e na produção, fruto de ações coordenadas pela Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Seapa-MG), e apoiadas pelas indústrias do setor, pela Associação dos Triticultores do Estado de Minas Gerais (Atriemg), pelas Instituições de Pesquisa – EPAMIG e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) –, e pelos órgãos de fomento à pesquisa – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Apesar da produção atual em Minas Gerais corresponder a, aproximadamente, 20% do consumo, há uma tendência natural de crescimento no setor. Além do trabalho contínuo das instituições de pesquisa, acredita-se que chegará ao conhecimento da maioria dos produtores, em poucos anos, todos os benefícios que a cultura do trigo pode agregar nos diferentes modos de produção agrícola, primordialmente naqueles onde se trabalha com SPD. Não se pode esquecer que, paralelamente à demanda crescente, precisam ser ofertadas, tanto aos produtores quanto às indústrias, sementes de cultivares com boas características agrônômicas e industriais.

AGRADECIMENTO

À EPAMIG pela oportunidade e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo financiamento de pesquisas e pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, R.L. et al. Dinâmica de decomposição de espécies utilizadas como plantas de cobertura, cultivadas em safrinha, no Cerrado do sudoeste goiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Solos, sustentabilidade e qualidade ambiental. Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 1 CD- ROM.
- BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.54, n.1/2, p.101-109, Mar. 2000.
- BENSCH T., E. et al. Potencial alelopático diferencial de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) chileno sobre ballica anual (*Lolium rigidum*) var. wimmera. **Idesia**, v.25, n.2, p.81-89, mayo/agosto 2007.
- CANALII, L.B. dos S. **Decomposição de resíduos culturais e sua contribuição nos macroagregados e na fração lábil da matéria orgânica do solo no Sistema Plantio Direto**. 2009. 101f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- CONAB. **Série histórica das safras: trigo**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 21 set. 2018.
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C.; KLINK, U.P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.24, n.2, p.245-253, abr./jun. 2006.
- GOULART, A.C.P. **O Sistema Plantio Direto e as doenças de plantas**. [S.l.]: Infobibos, 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/artigos/2009_1/spddoenças/index.htm>. Acesso em: 15 maio 2016.
- HAGEMANN, T.R. et al. Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.3, p.509-517, 2010.
- INDERJIT, K.; KEATING, K.I. Allelopathy: principles, procedures, processes, and promises for biological control. **Advances in Agronomy**, v.67, p.141-231, 1999.
- KHALIQ, A. et al. Influence of wheat straw and rhizosphere on seed germination, early seedling growth and bio-chemical attributes of *Trianthema portulacastrum*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.29, n.3, p.523-533, July/Sept. 2011.
- LAM, Y. et al. Research on the allelopathic potential of wheat. **Agricultural Sciences**, v.3, n.8, p.979-985, Dec. 2012.
- OLIVEIRA, D.L. de; BORSZOWSKI, P.R. Taxa de decomposição da palhada de trigo e liberação de N-P-K em Sistema de Plantio Direto no município de Ponta Grossa-PR. **TechnoEng**, Ponta Grossa, v.1, 5.ed. jan./jul. 2012.
- PIRES, N. de M.; OLIVEIRA, V.R. Alelopatia. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M.H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. cap. 5, p.95-123.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; ARMELIN, M.J.A. Qualidade mineral e degradabilidade potencial de adubos verdes conduzidos sobre Latossolos, na região tropical de São Carlos, SP, Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.77, n.1, p.89-102, 2002.
- REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8., 2014, Canela. **Informações técnicas para o trigo e triticale - safra 2015**. Brasília: EMBRAPA, 2014. 229p.
- RICCI, M. dos S.F.; NEVES, M.C.P. **Cultivo do café orgânico**. 2.ed. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. (Embrapa Agrobiologia. Sistema de Produção, 2).
- SCHOMBERG, H.H.; STEINER, J.L.; UNGER, P.W. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: residue quality and water effects. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.2, p.372-381, Mar./Apr. 1994.
- SALET, R.L. **Toxidez de alumínio no Sistema Plantio Direto**. 1998. 108p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- TESIO, F.; FERRERO, A. Allelopathy, a chance for sustainable weed management. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v.17, n.5, p.377-389, 2010.
- TREVIZAN, D.M. **Potencial alelopático de extratos aquosos de trigo sobre germinação de soja (*Glycine max* L.) e buva (*Conyza spp.*)**. 2014. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- WIDER, R.K.; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v.63, n.3, p.1636-1642, Dec. 1982.
- WU, H. et al. Allelochemicals in wheat (*Triticum aestivum* L.): variation of phenolic acids in shoot tissues. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, n.1, p.125-135, Jan. 2001.
- WU, H. et al. Simultaneous determination of phenolic acids and 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4-benzoxazin-3-one in wheat (*Triticum aestivum* L.) by gas chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v.864, n.2, p.315-321, Dec. 1999.



Cultivo da soja no Sistema Plantio Direto no Cerrado

José Mauro Valente Paes¹, Alex Teixeira Andrade², Cícero Montli Teixeira³, Dionísio Luiz Pisa Gazziero⁴, Alexandre Magno Brighenti dos Santos⁵, Roberto Kazuhiko Zito⁶

Resumo - O Sistema Plantio Direto (SPD) do Cerrado brasileiro é bastante distinto daquele ocorrido na Região Sul, no fim da década de 1960. Diferentemente, no Cerrado, têm-se menores precipitações dentro de no máximo seis meses de chuva, além de maiores temperaturas. Neste sentido, aliam-se às condições para melhores possibilidades na utilização da soja com outros cultivos como a safrinha do milho, o trigo, o milheto em sobressemeadura e pastagens, principalmente de braquiárias. A produção de grãos da Região Central do Brasil, outrora bioma Cerrado, tem a soja como cultura principal. Nos anos 1980, até meados dos anos 1990, as áreas de plantio convencional predominavam e exigiam grande capacidade operacional e tempo para realizar as diversas operações de aração e gradagem. Isso provocava enorme gasto de energia, se comparado com o SPD. Para a produção da soja sob SPD, com sustentabilidade, estão a adequada construção e manutenção da fertilidade do solo, bem como o emprego de eficiente rotação/sucessão de culturas, visando manutenção do solo coberto com palha durante todo o ano.

Palavras-chave: *Glycine max*. Cobertura do solo. Rotação de cultura. Dessecação. Fertilidade do solo. Planta daninha. Sustentabilidade.

Soybean no-tillage cropping system in the Cerrado

Abstract - The no-tillage system (NT) used in the Cerrado (Brazilian Savanna) is considerably different from that used in Southern Brazil in the late 1960s. In contrast, precipitation levels in the Cerrado are lower, rainfall occurs in no more than six months, and temperatures are higher. Therefore, conditions are aligned to a better use of soybean with other crops such as corn second crop, wheat, millet overseeding, and pasture, mainly brachiaria. Grain production in Central Brazil, formerly the Cerrado biome, is mainly based on soybean. In the 1980s, until the mid-1990s, conventional planting areas prevailed and required large operational capacity and time to carry out the various plowing and harrowing operations. This implied enormous energy expenditure compared with no-till. The sustainable production of soybean in no-till system relies on the buildup and maintenance of soil fertility, as well as the efficient use of rotation/succession of crops, aiming to maintain the soil covered with straw throughout the year.

Keywords: *Glycine max*. Soil cover. Crop rotation. Desiccation. Soil fertility. Weeds. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Em termos de modernização da agricultura brasileira, a utilização do Sistema Plantio Direto (SPD) é uma realidade inquestionável, e a participação da cultura da soja em sistemas de rotação e sucessão (safrinha) de culturas, para assegurar a sustentabilidade do SPD, é fundamental.

O SPD do Cerrado, Região Central do Brasil, é bastante distinto do ocorrido na Região Sul, no fim da década de 1960. Diferentemente, no Cerrado, têm-se menores precipitações dentro de no máximo seis meses de chuva, além de maiores temperaturas. Neste sentido, aliam-se às condições para melhores possibilidades na utilização da soja com outros cultivos

como a safrinha do milho, o trigo, o milheto em sobressemeadura e pastagens, principalmente de braquiárias.

O Cerrado tem como grandes desafios, a conservação do solo e da água, a necessidade de aumento e conservação dos níveis de matéria orgânica (MO) que está diretamente relacionado com a alta ciclagem de fitomassa na superfície do solo. Assim, o

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sudeste/Bolsista FAPEMIG, Viçosa, MG, jpaes@epamig.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Oeste-CEST, Patos de Minas, MG, alex.andrade@epamig.br

³in memoriam

⁴Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Soja, Londrina, PR, dionisio.grazziero@embrapa.br

⁵Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, alexandre.brighenti@embrapa.br

⁶Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Soja, Londrina, PR, roberto.zito@embrapa.br



SPD torna-se uma alternativa, por ser um sistema de produção sustentável, pois é um tipo de manejo do solo que possibilita diversos benefícios ambientais, aumenta os teores de MO e a atividade biológica do solo, reduz as oscilações de temperatura do solo, diminui a erosão laminar, bem como o carreamento de fertilizantes e agrotóxicos para os mananciais de água, reduz a densidade populacional de plantas daninhas e possibilita maior conservação da umidade do solo (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

Para a produção da soja sob SPD, com sustentabilidade, estão a adequada construção e manutenção da fertilidade do solo, bem como o emprego de eficiente rotação/sucessão de culturas, visando à manutenção do solo coberto com palha durante todo o ano. As possibilidades de combinação de plantas na rotação do SPD são infinitas, mas a escolha de cada uma deve estar condicionada ao tipo de solo, às condições climáticas, à quantidade de palha produzida e ao requerimento nutricional das culturas.

CULTIVARES COM CICLOS CURTO E MÉDIO

A produção de grãos da Região Central do Brasil, outrora bioma Cerrado, tem a soja como cultura principal. Nos anos 80, até meados dos anos 90, as áreas de plantio convencional predominavam e exigiam grande capacidade operacional e tempo para realizar as diversas operações de aração e gradagem. Isso provocava enorme gasto de energia, se comparado com o SPD. Nessa época, as principais cultivares de soja existentes no mercado apresentavam ciclo ao redor de 130 dias e o milho algo em torno de 150 dias. O tempo necessário para preparo do solo em plantio convencional, associado com o ciclo longo das cultivares de soja e de milho, impossibilitava a safrinha de milho em sucessão.

A partir do ano 2000, com a chegada da ferrugem da soja no Brasil, a sojicultura passou por grandes dificuldades, pela falta de conhecimento sobre sua epidemiologia e controle. Rapidamente, muito conhecimento foi gerado para restabelecer a

sustentabilidade da cultura da soja. Um sistema de alerta digital foi criado, houve mobilização de diversos fitopatologistas do Brasil para criação do Consórcio Antiferrugem e, então, foram conhecidos os fungicidas mais eficientes para controle da doença. Toda essa mobilização gerou tecnologia para fazer diversas indicações técnicas para o controle da ferrugem, dentre estas: semeadura antecipada e utilização de cultivares precoces, ambas com o intuito de promover escape da doença.

O melhoramento de milho também contribuiu para safrinha, pois houve significativa redução do ciclo dos híbridos de milho, tornando-os cada vez mais adequados para sucessão à soja. Nesse caso, doenças foliares, dentre estas a cercosporiose, também pressionaram para a redução do ciclo do milho.

Com a adoção do SPD, houve possibilidade de viabilização de uma segunda safra, a primeira com soja e a segunda com milho, com razoável sustentabilidade econômica, uma vez que as duas safras, em sucessão, finalmente cabiam no período chuvoso da Região Centro-Oeste do Brasil.

O período de crescimento e desenvolvimento da soja é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade. A cultura da soja necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo.

Outro fator que contribuiu para tal foi a adoção de cultivares de tipo de crescimento indeterminado, que possibilitou a realização de plantio antecipado, já que continuam desenvolvendo vegetativamente, mesmo após o início do florescimento.

Isso provocou grande demanda por cultivares de soja e de milho com ciclos cada vez mais precoces. Hoje é possível obter altas produtividades com cultivares de soja ao redor de 100 dias, algo difícil de conceber no final dos anos 90.

Na safra 2015/2016, as áreas de segunda safra de milho da Região Centro-Oeste são em torno de 1/3 da área de soja,

conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, 2016). Entretanto, estima-se que a área com soja precoce é significativamente maior, considerando que permite escape da ferrugem asiática da soja e pragas, principalmente percevejos sugadores da parte aérea. Dessa forma, cultivares de soja com mais de 125 dias são minoria no sistema de produção sob SPD. Não obstante, são importantes para escalonar colheita e para áreas com menor nível de fertilidade ou, ainda, regiões onde os estresses abióticos são mais frequentes. Isto porque, em geral, são mais rústicas para essas situações, se comparadas com cultivares de soja precoce.

No sistema soja-milho em sucessão, ocorre que o milho segunda safra deixa para a cultura da soja boa quantidade de palha com elevada relação carbono/nitrogênio (C/N) e não compromete a operação de semeadura. A soja, por sua vez, deixa a área com pouca palha, mas o benefício maior advém da elevação considerável dos teores de nitrogênio (N) no solo.

COBERTURA DO SOLO

A formação e a permanência da palha sobre o solo são um dos principais desafios do SPD no Cerrado, principalmente em decorrência dos fatores climáticos.

Bayer, Mielniczuk e Martin-Neto (2000) recomendam adição anual em torno de 10 mil a 12 mil kg/ha de palha para a Região Sul do Brasil. Contudo, para que o SPD seja sustentável em regiões de Cerrado, Pariz et al. (2011) recomendam que o aporte de matéria seca (MS) ultrapasse essas quantidades supracitadas, principalmente pela rápida decomposição dos resíduos.

Atualmente, existem diversos estudos sobre as principais espécies utilizadas. Costa et al. (2015) observaram que o sorgo forrageiro e o milheto obtiveram produtividades de MS de 10.667 e 9.993 kg/ha, na safra 2009/2010, respectivamente. Além disso, as maiores produtividades de



soja foram com a palha de capim Xaraés e sorgo forrageiro de 3.195 e 2.801 kg/ha na safra 2010/2011, sendo as melhores opções em cultivo antecessor. As forrageiras do gênero *Urochloa* (braquiárias) também foram mais eficientes na supressão de plantas daninhas e resultaram em maior produtividade de soja, quando utilizadas em sistemas de manejo que as empregam em sucessão à cultura de verão (PACHECO et al., 2009).

A produção de biomassa seca da palha de braquiária + soja foi superior à da palha de sorgo + soja, mostrando a eficiência da braquiária em ser utilizada como planta de cobertura para o Cerrado goiano (ROSSI et al., 2013). O cultivo de soja sobre palha de braquiária apresentou maior taxa de decomposição dos resíduos e um menor tempo de meia-vida ($T_{1/2}$), quando comparado à soja cultivada sobre palha de sorgo. Os valores de $T_{1/2}$ da MS foram de 154 e 258 dias para braquiária + soja e sorgo + soja, respectivamente, no período seco, e de 99 e 119 dias, no período chuvoso.

O fato de o SPD apresentar normalmente maior biomassa microbiana pode proporcionar maior estocagem de nutrientes, possibilitando, também, melhor ciclagem destes ao longo do tempo, criando características mais favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Essa maior estabilidade pode estar relacionada, também, com os fatores abióticos do solo, como o aumento da umidade, o incremento dos teores de MO e a diminuição das temperaturas máximas do solo, favorecendo o crescimento das culturas (SALTON; MIELNICZUK, 1995).

ROTAÇÃO DE CULTURAS

A rotação que envolve as culturas da soja e do milho merece especial atenção, por causa das extensas áreas que ocupam e pelo efeito benéfico em ambas as culturas. Na escolha de uma rotação de culturas, especial atenção deve ser dada às exigências nutricionais das espécies escolhidas e à sua capacidade de extrair nutrientes do solo, no que a soja e o milho se complementam satisfatoriamente.

Na implantação e na condução de um SPD eficiente, é indispensável que o esquema de rotação de culturas promova, na superfície do solo, a manutenção permanente de uma quantidade mínima de palha, que nunca deverá ser inferior a 2,0 t/ha de MS. Como segurança, recomenda-se que sejam adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6,0 t/ha/ano ou mais de MS. Neste caso, a soja contribui com muito pouco, raramente ultrapassando 2,5 t/ha de MS (RUEDELL, 1998). Por outro lado, a cultura do milho, de ampla adaptação a diferentes condições, tem ainda a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais, que, uma vez bem manejados, podem contribuir para reduzir a erosão e melhorar o solo (FIORIN; CAMPOS, 1998).

No Sul do Brasil, em decorrência de condições climáticas mais favoráveis, há maiores opções de rotação de culturas, envolvendo tanto as culturas de verão como as de inverno. No Brasil Central, as condições climáticas, com quase total ausência de chuva entre os meses de maio e agosto, dificultam a existência de cultivos de inverno, exceto em algumas áreas com microclima adequado ou com agricultura irrigada. Essa situação dificulta ou deixa poucas opções para o estabelecimento de culturas comerciais ou mesmo culturas de cobertura, cuja finalidade principal destas é aumentar o aporte de restos culturais sobre a superfície do solo, exigindo que tenham características peculiares, como rápido desenvolvimento inicial e maior tolerância à seca.

DESSECAÇÃO E PÓS-EMERGÊNCIA EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO

As plantas daninhas devem ser mantidas sob controle o ano todo, embora haja dois momentos importantes para manejar essas espécies: na dessecação em pré-semeadura e nas aplicações que ocorrem após a semeadura.

No manejo da dessecação pré-semeadura, são utilizados produtos à base de glifosato, amônio-glufosinato, paraquat +

diuron, saflufenacil e 2,4-D. Trata-se de um ótimo momento para controlar as espécies resistentes ou de difícil controle, como buva (*Conyza* spp.) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Por outro lado, é fundamental saber que muitas espécies, normalmente, não são controladas com uma única aplicação, mas com uma sequência de aplicações que envolvem produtos de diferentes mecanismos de ação. Se houver a presença de gramíneas resistentes ao glifosato, como o azevém (*Lolium multiflorum*), o capim-amargoso e o milho voluntário, poderá ser necessário o uso de gramínicas pós-emergentes (inibidores da ACCase registrados para essa finalidade). Nessa operação, também podem ser adicionados produtos com ação pré-emergente, especialmente aqueles com ação sobre os biótipos resistentes ao glifosato, como por exemplo, o diclosulan ou o flumioxazin para controlar sementeira de buva e ou S-metolachlor para sementeira de capim-amargoso.

É fundamental que as culturas iniciem seu ciclo sem a presença de plantas daninhas, por isso, no dia do plantio, a área deve estar completamente livre dessas espécies. Quando o controle nessa época não for bem-feito, as plantas daninhas começam a rebrotar após a semeadura da soja, provocando perdas significativas de produtividade.

A integração do controle químico com o cultural faz parte do manejo. Se no período anterior à dessecação, não houver planejamento técnico para a área, certamente haverá condições para o estabelecimento das plantas daninhas. Culturas que produzem boa quantidade de palha, como braquiária, trigo, aveia, provocam o impedimento físico para a germinação das plantas daninhas, como também efeitos alopatóicos que ajudam no controle. Em experimento onde se compararam áreas cobertas com aveia e com milho safrinha, observou-se que nas áreas com aveia as plantas de buva cresceram mais lentamente, o que ajudou no controle obtido com os diversos tratamentos, com-



parativamente aos registrados nas áreas de milho (GAZZIERO et al., 2012).

Após a semeadura, o controle é feito com herbicidas seletivos para aplicação em pré e pós-emergência. No caso da soja geneticamente modificada, utiliza-se glifosato isoladamente ou, até mesmo, combinado com graminicidas pós-emergentes, para eliminar plantas voluntárias de milho e capim-amargoso. No caso da soja convencional, existe uma variação maior de opções tanto para gramíneas quanto para folhas largas. Qualquer herbicida, por melhor que seja, deve ser utilizado conforme as especificações do fabricante. Isso envolve a escolha da dose, o estágio da planta daninha, a necessidade ou não de surfactante, a compatibilidade com outros produtos, os intervalos entre aplicações, os prazos de carência, a tecnologia de aplicação, o momento da aplicação, etc. Como, quando e qual produto utilizar depende do diagnóstico do problema na área e de outras variáveis, como eficácia do produto, mecanismo de ação, biologia da espécie daninha, o custo de controle, dentre outros fatores. No caso das culturas resistentes ao glifosato, normalmente o período de aplicação é maior, uma vez que os herbicidas convencionais apresentam maiores limitações quanto ao tamanho das espécies no momento da aplicação. Porém, a competição entre a cultura e as plantas daninhas inicia-se cedo e, mesmo com glifosato, existem limites para aplicação, os quais geralmente se situam entre 20 dias a, no máximo, 30 dias após a emergência (DAE) da cultura. Além disso, deve ser observado um período mínimo de 56 dias entre a última aplicação de glifosato e a colheita, para evitar resíduo nos grãos de soja. Ao final do ciclo, para uniformização das áreas, muitas vezes, utiliza-se a dessecção pré-colheita pela retenção foliar ou haste verde, ou pelo excesso de plantas infestantes por ocasião da colheita. Nesses casos, normalmente utiliza-se um produto à base de paraquat.

Alternativas para realizar o manejo existem, basta aplicá-las para obter controle satisfatório. O manejo inadequado

sempre traz algum tipo de problema, que a médio ou a longo prazo resulta em mais trabalho, maior custo, perda de produtividade e maior consumo de produtos químicos.

PLANTAS DANINHAS RESISTENTES A DIFERENTES HERBICIDAS

Os grandes problemas na soja convencional nos anos 70 eram as plantas daninhas denominadas leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*). Em meados dos anos 80, surgiram no mercado dois grupos de herbicidas que atuam na enzima acetolactato sintase e na acetil co-enzima A, respectivamente, e que controlavam essas espécies. Mas biótipos de picão-preto (*Bidens* spp.), leiteiro e capim-marmelada resistentes a estes mecanismos de ação começaram a ser selecionados nas lavouras, em consequência do uso contínuo desses herbicidas. Em meados dos anos 90, essas espécies daninhas causaram novamente grandes transtornos aos agricultores brasileiros. A pressão de infestação dessas plantas foi aumentando e, no início de 2000, o problema nas áreas de produção era semelhante, senão pior, aos dos anos 80. Além dessas espécies, outras foram identificadas como resistentes, a exemplo da nabiça (*Raphanus raphanistrum*), da losna-branca (*Artemisia alsinthium*) e outras gramíneas.

A seleção de biótipos resistentes aos herbicidas é um fenômeno natural, resultado do uso continuado dos mesmos produtos ou de produtos com o mesmo mecanismo de ação em uma mesma área. Os herbicidas não causam resistência, mas selecionam biótipos resistentes. Desde o advento da soja Roundup Ready (RR), geneticamente modificada para resistir ao herbicida glifosato, sete espécies foram registradas como resistentes a esse produto. Trata-se da buva, do capim-amargoso e do azevém. A importância dessas espécies era pequena na comunidade infestante da soja até que biótipos resistentes foram selecionados e tornaram-se um grande problema, assim como já havia acontecido,

na soja convencional com outras espécies e produtos. Recentemente, foram identificados biótipos de capim-branco (*Chloris polydactyla*) e de uma espécie de caruru (*Amaranthus palmeri*) considerada atualmente uma das piores plantas daninhas nos Estados Unidos.

Para se ter ideia do potencial de multiplicação de algumas espécies, a buva chega a produzir 200 mil sementes por planta, enquanto *Amaranthus palmeri* chega a produzir 1 milhão de sementes por planta.

Conviver com planta daninha resistente, além de dificultar o manejo, é sinônimo de aumento do custo de produção, perda de produtividade e maior consumo de herbicidas. Para contornar essa situação, a capina manual voltou a ser uma alternativa, principalmente para eliminar plantas adultas. Os resultados da presença das espécies infestantes resistentes podem ser observados em diversos trabalhos de literatura, como no caso da presença de buva na soja, cuja perda de produtividade pode variar de 20% a 70%, conforme o nível de infestação. As perdas médias de produtividade da soja pela convivência com o capim-amargoso foram de 23% na presença de 1 a 3 plantas/m² e de 44% com 4 a 8 plantas/m². Além das perdas diretas na produtividade, a convivência soja-planta daninha leva a outros problemas, como aumento da umidade e da impureza dos grãos colhidos e dificuldades no processo de colheita.

MANEJO DE FORRAGEIRAS CONSORCIADAS COM SOJA

A degradação de pastagens é um dos grandes problemas da pecuária brasileira, afetando diretamente a sustentabilidade do sistema produtivo. Uma das alternativas viáveis para recuperação ou renovação dessas pastagens está fundamentada em sistemas integrados de produção como, por exemplo, os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Nesse tipo de prática, além da intensificação e maior eficiência de uso da terra, são gerados outros benefícios, como maior produção de forragem na entressafra, produção de palha para o plantio direto, produção de



madeira, incremento na MO do solo, redução dos custos de produção, dentre outros.

As forrageiras mais utilizadas no consórcio com culturas anuais têm sido as do gênero *Urochloa* e *Panicum*. Quando implantadas simultaneamente com a cultura do milho, o manejo da forrageira, a fim de evitar a competição, é um pouco mais fácil, quando comparado com a soja. O estabelecimento da forrageira com a cultura da soja em plantio simultâneo ocorre em condições de competição, sendo de primordial importância o manejo correto de herbicidas, a fim de evitar a interferência da pastagem com a cultura.

A utilização de subdoses de herbicidas é uma das técnicas preconizadas para minimizar ou evitar a interferência da forrageira com a cultura produtora de grãos.

O aumento ou redução de doses dos herbicidas promove queda do rendimento da forrageira e da cultura, respectivamente. Contudo, deve-se optar por uma dose intermediária que proporcione ganhos mútuos às espécies em consórcio.

Vale salientar que, além do herbicida e da dose adequada, a época correta de aplicação do produto também é essencial no manejo das forrageiras. A aplicação muito tardia, próxima ao fechamento da cultura, pode não permitir a recuperação da forrageira, por causa do sombreamento. Por outro lado, a aplicação muito precoce pode ocasionar rápida recuperação da forrageira ou emergência de novas plantas que comprometem o rendimento da cultura.

No caso da soja consorciada com braquiária (*U. brizantha*), a aplicação de fluazifop-p-butyl em dose reduzida de 36 g/ha, aos 28 DAE da soja, suprime temporariamente o crescimento da forrageira, mas, mesmo assim, ainda há florescimento de plantas (SILVA et al., 2005a). Por outro lado, a aplicação de 54 g/ha do fluazifop-p-butyl, aos 21 DAE, permite que a cultura expresse seu potencial produtivo em detrimento ao da braquiária (SILVA et al., 2004). Desse modo, a dose ideal do herbicida, visando ao consórcio, seria de 40 g/ha de fluazifop-p-butyl (SILVA et al., 2005a).

A aplicação de 1,0 L/ha do produto comercial glifosato, aos 55 DAE, sobre colônia (*Panicum maximum*) cv. Aruana consorciado com soja geneticamente modificada resistente ao glifosato, é mais indicada quando a prioridade for a produtividade de grãos da soja. Contudo, pode ocorrer risco de redução da população da forrageira (CONCENCO et al., 2014). Caso o objetivo do consórcio seja a formação de pastagem, a aplicação dos herbicidas fluazifop-p-butyl ou fenoxaprop-ethyl na dose de 0,5 L/ha dos produtos comerciais, aos 55 DAE, representa uma medida menos impactante à forrageira. Essa prática garante o estabelecimento de maior população de plantas do gênero *Panicum*, porém, com maior risco de interferência do capim sobre o desempenho da soja.

A semeadura defasada da forrageira em relação ao plantio da cultura de grãos também é uma alternativa passível de utilização para promover a redução da competição entre os componentes do consórcio. O plantio da forrageira entre 10 e 20 DAE da soja elimina a competição da gramínea e a produtividade da cultura da soja não é comprometida (SILVA et al., 2005b). No entanto, o plantio defasado, de um período superior a três semanas após a emergência da soja, afeta negativamente o desenvolvimento do capim (SILVA et al., 2005b).

Outro aspecto que deve ser salientado em relação à consorciação entre soja e pasto tem como um dos entraves a dificuldade de colheita da soja na presença da forrageira.

A utilização de herbicidas dessecantes na fase de pré-colheita é uma alternativa que tem como objetivo controlar as plantas daninhas e provocar a desfolha e uniformização da soja. Essa prática facilita o trabalho das colhedoras e permite a antecipação da colheita.

Herbicidas do grupo químico dos bipyridílios como, por exemplo o paraquat, são utilizados em dessecção pré-colheita da soja. Esse herbicida aplicado na dose de 0,4 kg/ha nos estádios R₇ ou R₈ da soja consorciada com *U. brizantha* cv. Marandu

facilita o trabalho de colheita. Ocorre o restabelecimento posterior da forrageira que pode servir tanto como pasto para o gado como para formação de palha para o plantio direto (SILVA et al., 2006).

Muitas pesquisas já foram realizadas visando a melhor forma de adequação de diferentes espécies implantadas em sistemas integrados. Contudo, ainda são necessários mais estudos relacionados com o cultivo de soja consorciada com pastagem. Os resultados de trabalhos com novas espécies forrageiras, o refinamento de doses de herbicidas e o momento correto de aplicação são técnicas que certamente ajudarão a reduzir a interferência entre os componentes do consórcio, além de minimizar os problemas de colheita.

MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO

Um dos grandes desafios do manejo correto da fertilidade do solo está na simples coleta de amostras, na recomendação das doses de fertilizantes e na correta distribuição no campo, que, muitas vezes, são recomendadas pelo extensionista, mas o agricultor não dá a devida importância. Rodrigues et al. (2015) fizeram um levantamento com agricultores familiares que produzem soja no SPD, no município de Mato Rico, PR, e observaram que o número de amostras simples foi insuficiente em 82% das propriedades, e na interpretação das análises de solo, 80% das propriedades necessitavam de calagem. Com relação à adubação, tanto corretiva quanto de manutenção, o fósforo é o nutriente utilizado com maior déficit pelos agricultores familiares. Assim, adotando técnicas corretas e adequadas, pode-se manejar a fertilidade do solo, com aumento de produtividade e racionalização no uso de corretivos e fertilizantes.

Por outro lado, também existe área que possui a fertilidade construída, isto é, como definido por Resende et al. (2016), áreas que distinguem das demais pelo seu histórico de manejo, e que aplicações sucessivas de corretivos e fertilizantes possibilitaram efeitos residuais cumulativos que acabaram



por elevar certos atributos químicos de fertilidade (por exemplo: teores de fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn) e bases trocáveis) para níveis interpretados como altos ou mesmo muito altos. Ainda de acordo com Resende et al. (2016), nesses solos os níveis de produtividade estão estabilizados em patamares satisfatórios para o produtor, e, neste caso, são necessárias doses relativamente modestas de fertilizantes apenas para repor a quantidade de nutrientes exportada nas colheitas, além de aumentar a lucratividade.

Dentre os benefícios inerentes à implantação do SPD, citam-se: maior conservação da umidade do solo; maior aproveitamento da água disponível pelas plantas; contribui consideravelmente para a manutenção de níveis satisfatórios de MO no solo; propicia a ocorrência de menor amplitude térmica no solo, favorecendo a fisiologia e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas; contribui para a melhoria da porosidade total do solo; proporciona maior tolerância da planta a períodos de estiagem etc.

O desenvolvimento radicular da soja é consequência do uso de coberturas mortas que produzem sistemas radiculares abundantes aumentando a porosidade e reduzindo a resistência à penetração.

CALCÁRIO E GESSAGEM

A adubação, a calagem e a gessagem para a cultura da soja são estimadas de acordo com a recomendação para o plantio convencional, mas com mudanças para o SPD, tendo especificações para os diferentes Estados no Cerrado brasileiro (EMBRAPA SOJA, 2013).

Após a implementação correta do sistema de semeadura direta, os processos de acidificação do solo irão ocorrer e será necessária, depois de algum tempo, a correção da acidez. Para a identificação da necessidade de calagem, o solo sob semeadura direta deve ser amostrado na profundidade de 0 a 20 cm. Pelo menos seis meses antes do plantio, aplica-se a lâmina na superfície do solo até 1/3 da quantidade

necessária para atingir a saturação por bases desejada. Para solos que já receberam calcário na superfície, a amostragem do solo deve ser realizada de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm de profundidade. Nessas áreas, sugere-se que, para o cálculo da recalagem, sejam utilizados os valores médios das duas profundidades, aplicando-se até 1/3 da quantidade indicada (EMBRAPA SOJA, 2013).

Ao trabalhar em um Latossolo Distrófico, Pauletti et al. (2014) constataram que a aplicação de calcário corrigiu o pH, aumentou a concentração de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e diminuiu o alumínio (Al), nas camadas superficiais do solo. O gesso proporcionou incremento no pH e nas concentrações de Ca e enxofre (S) em profundidade, lixiviou Mg e não lixiviou o K. A calagem elevou a produtividade da soja. O gesso favoreceu a produtividade da soja, somente quando houve deficiência hídrica. Quando, no entanto, não houve esta deficiência, altas doses de gesso prejudicaram a produtividade de grãos de soja por indução de deficiência de Mg.

Como a soja possui sistema radicular bastante profundo, uma forma de aumentar a saturação por bases e reduzir o Al disponível em camadas subsuperficiais é a aplicação do gesso agrícola, que contribui também no fornecimento de Ca e S.

ADUBAÇÃO CORRETIVA

Adubação nitrogenada

Resultados obtidos em todas as regiões onde a soja é cultivada mostram que a aplicação de fertilizante nitrogenado na semeadura ou em cobertura, em qualquer estágio de desenvolvimento da planta não traz nenhum incremento de produtividade para a soja, além de reduzir a nodulação e a eficiência da fixação biológica do nitrogênio (FBN). Isso é válido para soja implantada em sistemas de semeadura direta ou convencional, em cultivares de ciclo curto ou longo, de tipo de crescimento determinado ou indeterminado. No entanto, se as fórmulas de adubo que contêm N forem mais econômicas do que as fórmulas sem

N, estas poderão ser utilizadas, desde que não sejam aplicados mais do que 20 kg de N/ha (EMBRAPA SOJA, 2013).

A FBN é a principal fonte de N para a cultura da soja. Bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, quando em contato com as raízes da soja, infectam as raízes, via pelos radiculares, formando os nódulos. A FBN pode, dependendo de sua eficiência, fornecer todo o N que a soja necessita (EMBRAPA SOJA, 2013).

Aumentos no número de células de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* e o acúmulo de flavonoides indutores dos genes de nodulação, em áreas sob SPD, em comparação a áreas sob plantio convencional, também foram reportados por Ferreira et al. (2000) e Brandão Junior e Hungria (2000). Ao permitir maior acúmulo de MO e melhorar a agregação do solo, com aumento da capacidade de retenção de água e diminuição das oscilações térmicas, o SPD favorece os microrganismos (BRANDÃO JUNIOR; HUNGRIA, 2000), além de criar um ambiente mais propício para o crescimento radicular e, conseqüentemente, a ocorrência de maior número de sítios de infecção e nodulação para os *Bradyrhizobium*.

Entretanto, fatores como o avanço do plantio direto na região do Cerrado, o lançamento de cultivares com teto elevado de produtividade e resultados de pesquisa, obtidos nos Estados Unidos (WESLEY et al., 1998; LAMOND; WESLEY, 2001), com resposta da soja à aplicação tardia de N, no pré-florescimento e no início do enchimento de grãos, voltaram a gerar dúvidas sobre a necessidade de adubar a soja brasileira com fertilizantes nitrogenados. Mendes et al. (2008) observaram que a adubação nitrogenada tardia, no cultivo da soja com inoculação, em latossolos do Cerrado, não se justifica economicamente, em nenhum dos sistemas de cultivo avaliados, independentemente da fonte de N utilizada.

Foi observada resposta diferenciada dos genótipos de soja BMX Turbo e Coodetec 250 à inoculação de sementes com bactérias diazotróficas do gênero *B. japonicum* ou *A. brasilense* na altura de plantas e N na parte aérea. A inoculação



conjunta de *B. japonicum* e *A. brasilense* em sementes intensifica o desempenho produtivo da cultura da soja no genótipo BMX Turbo (BULEGON et al., 2016).

Na cultura da soja com FBN, há acúmulo desse nutriente no sistema radicular, podendo aumentar a produtividade das culturas sucessoras.

Adubação fosfatada

No SPD, é possível aumentar a disponibilidade de P por meio da adubação fosfatada corretiva gradual. Em um latossolo de textura muito argilosa, há necessidade de aplicação de 19,4 ou 11,1 kg/ha de P_2O_5 na linha de semeadura, em adição à quantidade fornecida para a manutenção da fertilidade do solo, para a elevação de 1 mg/dm³ de P extraído pelo método Mehlich 1 ou resina, respectivamente, na camada de 0 a 10 cm de profundidade (KURIHARA et al., 2014).

No SPD tem-se observado que a aplicação de fosfato deve ser feita na linha de semeadura, sempre que houver probabilidade de resposta da cultura à aplicação do fertilizante (disponibilidade de P abaixo do teor crítico) (POTTKER, 1999). Assim, a aplicação superficial fica limitada somente àquelas glebas com teores de P acima do ótimo, pelo menos na camada 0-20 cm; porém, nessa condição, a probabilidade de resposta é muito pequena ou ausente (PAVINATO; CERETTA, 2004).

A utilização da adubação fosfatada a lanço com fontes solúveis tem sido usada para aumentar o rendimento operacional da semeadura da soja.

Adubação potássica

Depois do N, o K é o segundo elemento absorvido em grandes quantidades pela planta da soja. Na semeadura da soja, como manutenção, aplicar 20 kg de K_2O para cada 1.000 kg de grãos que se espera produzir. Nas dosagens de K_2O acima de 50 kg/ha ou quando o teor de argila for <40%, fazer a adubação de 1/3 da quantidade total indicada na semeadura e 2/3 em cobertura, 30 a 40 dias após a semeadura, respectivamente para cultivares de ciclo

mais precoce e mais tardio (EMBRAPA SOJA, 2013).

O K é também um elemento importante no processo de formação de nódulos fixadores de N, assim como no controle das seguintes doenças fúngicas: seca da vagem e da haste (*Phomopsis*), crestamento foliar e mancha-púrpura das sementes (*Cercospora kikuchii*) e cancro-da-haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*). Quanto ao cancro-da-haste, esta doença é controlada apenas em cultivares precoces de soja; isso porque a sua incidência dá-se nos estádios fenológicos R3 a R4 dessa leguminosa (formação de vagens) e, sendo o ciclo da planta entre 110 e 120 dias, tem-se uma situação de escape em razão da menor duração de ciclo nessa cultivar, o que não se observa nas cultivares semiprecoces, médias e semitardias de soja (MASCARENHAS et al., 2003).

PLANTIO

O período de crescimento e desenvolvimento é afetado pela umidade do solo, temperatura, radiação solar e fotoperíodo. A época de plantio é função desses fatores, cujos limites extremos são variáveis em cada região agroclimática (MUNDSTOCK, 1995).

O cultivo da soja por anos sucessivos pode provocar a formação de uma camada compactada logo abaixo da profundidade de semeadura das sementes de soja. Essa camada reduz a infiltração de água no solo, o que, por sua vez, irá favorecer maior escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão do solo e a redução da

produtividade da soja.

Em trabalho conduzido pela EPAMIG, em parceria com o Clube dos Amigos da Terra de Uberaba, avaliaram-se dois sistemas de corte (botinha e disco), duas profundidades de distribuição do fertilizante (8 e 12 cm) e aplicação do fertilizante a lanço na camada superficial do solo sobre o rendimento da soja.

Em solo com camada compactada, mostrou-se que a utilização da botinha cortando o solo, a 8 cm e a 12 cm de profundidade, foi mais eficiente que a utilização de disco e propiciou maior rendimento da cultura da soja (Tabela 1).

A Tabela 2 ilustra que a utilização da botinha e do disco possibilitou melhor distribuição do fertilizante a 8 cm e a 12 cm de profundidade e propiciou maior produtividade da soja em relação à aplicação do fertilizante a lanço na camada superficial do solo.

Averiguou-se que a profundidade das raízes foi maior quando foram utilizados os sistemas de corte da botinha e do disco na profundidade de distribuição de adubo a 12 cm (Tabela 3). Quando se fez a aplicação do fertilizante a lanço na camada superficial do solo, as raízes foram encontradas em apenas 8 cm de profundidade, ou seja, a aplicação do fertilizante a lanço pode comprometer a produção da soja em anos com baixo volume de chuvas.

É fundamental que a cultura da soja inicie seu ciclo sem a presença de plantas daninhas, por isso, no dia do plantio, a área deve estar completamente livre dessas espécies. Quando o controle nessa

Tabela 1 - Efeito do sistema de corte e profundidade de distribuição do fertilizante sobre a produtividade da soja MG/BR-46 (Conquista)

Sistema de Corte	Profundidade (cm)	
	8	12
Produtividade (kg/ha)		
Botinha	3.161 Aa	3.193 Aa
Disco	3.045 Ba	3.094 Ba

Nota: Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

Tabela 2 - Efeito da botinha e do disco em duas profundidades de distribuição do fertilizante em relação à distribuição a lanço sobre a produtividade da soja MG/BR-46 (Conquista)

Tratamento	Produtividade (kg/ha)
Botinha a 12 cm	⁽¹⁾ 3.193
Botinha a 8 cm	⁽¹⁾ 3.161
Disco a 12 cm	⁽¹⁾ 3.045
Disco a 8 cm	⁽¹⁾ 3.095
Fertilizante a lanço	2.940

(1) Diferem pelo teste de Dunnett, a 5 % de probabilidade.

Tabela 3 - Efeito da botinha e do disco em duas profundidades de distribuição do fertilizante em relação à distribuição a lanço sobre a produtividade da soja MG/BR-46 (Conquista)

Tratamento	Profundidade das raízes (cm)
Botinha a 12 cm	15
Botinha a 8 cm	12
Disco a 12 cm	12
Disco a 8 cm	11
Fertilizante a lanço	9

época não é bem-feito, as plantas daninhas começam a rebrotar após a semeadura da soja, provocando perdas significativas de produtividade. A integração do controle químico com o cultural faz parte do manejo. Se no período anterior à dessecação o solo não for ocupado com base em um planejamento técnico da área, certamente haverá condições para o estabelecimento das plantas daninhas. Culturas que produzem boa quantidade de palha, como braquiária, trigo, aveia, provocam o impedimento físico para a germinação das plantas daninhas, como também efeitos alopatóicos que ajudam no controle.

Após a semeadura, o controle é feito com herbicidas seletivos para aplicação em pré e pós-emergência. No caso da soja geneticamente modificada, utiliza-se glifosato isoladamente ou até mesmo combinado com outros herbicidas pós-emergentes para eliminar plantas voluntárias de folha larga e/ou de folha estreita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de grãos da Região Central do Brasil, outrora bioma Cerrado, tem a soja como cultura principal. Para a produção da soja sob SPD, com sustentabilidade, estão a adequada construção e manutenção da fertilidade do solo, bem como o emprego de eficiente rotação/sucessão de culturas, visando à manutenção do solo coberto com palha durante todo o ano. As possibilidades de combinação de plantas na rotação do SPD são infinitas, mas a escolha de cada uma deve estar condicionada ao tipo de solo, às condições climáticas, à quantidade de palha produzida e ao requerimento nutricional das culturas.

AGRADECIMENTO

À EPAMIG, pelo apoio na coordenação deste Informe Agropecuário, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo aporte financeiro às pesquisas e à concessão de bolsa.

REFERÊNCIAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos - safra 2016/17 - terceiro levantamento. Brasília: CONAB, v.4, n.3, dez. 2016. 151p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=20>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTINETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.3, p.599-607, jul./set. 2000.

BRANDÃO JUNIOR, O.; HUNGRIA, M. Efeito de doses de inoculante turfoso na fixação biológica do nitrogênio pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.3, p.527-535, jul./set. 2000.

BULEGON, L.G. et al. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Revista Terra Latinoamericana**, Chapingo, v.34, n.2, p.169-176, abr./jun. 2016.

CONCENCO, G. et al. Supressão química do crescimento de *Panicum maximum* cv. Aruana cultivado em consórcio com a cultura da soja. **Agrarian**, Dourados, v.7, n.24, p.176-188, 2014.

COSTA, N.R. et al. Atributos do solo e acúmulo de na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema de Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.39, n.3, p.852-863, maio/jun. 2015.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja**: Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

FERREIRA, M.C. et al. Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and diversity of bradyrhizobia nodulating soybean. **Soil Biology and Biochemistry**, v.32, n.5, p.627-637, May 2000.

FIORIN, J.E.; CAMPOS, B.C. de. Rotação de culturas. In: CAMPOS, B.H.C. de (Coord.). **A cultura do milho no plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1998. cap.2, p.7-14.



GAZZIERO, D.L.P. et al. Manejo integrado de plantas daninhas na soja. In: VELINI, E.D. et al. (Ed.). **Glyphosate: uso sustentável**. Botucatu: FEPAF, 2012. cap.9, p.185-202.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração Lavoura-Pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.

KURIHARA, C.H. et al. **Diagnose do estado nutricional de soja e algodoeiro, pelos métodos das faixas de suficiência e DRIS, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 6p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 29).

LAMOND, R.E.; WESLEY, T.L. Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.95, p.6-7, set. 2001.

MASCARENHAS, H.A.A. et al. Potássio para soja. **O Agrônomo**, Campinas, v.55, n.1, p.20-21, 2003.

MENDES, I. de C. et al. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em Latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.1053-1060, ago. 2008.

MUNDSTOCK, C.M. Aspectos fisiológicos da tolerância do milho ao frio. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 3., 1995, Assis. **Resumos...** Campinas: IAC, 1995. p.45-48.

PACHECO, L.P. et al. Emergência e crescimento de plantas de cobertura em função da profundidade de semeadura. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.2, p.305-314, abr./jun. 2009.

PARIZ, C.M. et al. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.5, p.875-882, maio 2011.

PAULETTI, V. et al. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no Sistema de Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.38, n.2, p.495-505, mar./abr. 2014.

PAVINATO, P.S.; CERETTA, C.A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.1779-1784, nov./dez. 2004.

PÖTTKER, D. **Aplicação de fósforo no Sistema Plantio Direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 32p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa, 2).

RESENDE, A.V. de et al. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Informações Agrônomicas**, n.156, p.1-19, dez. 2016.

RODRIGUES, J.C. et al. Levantamento da utilização das recomendações técnicas quanto a amostragem de solo, calagem e uso de fertilizantes minerais no cultivo da soja, no município de Mato Rico-PR. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.10, n.1, p.18-30, ago. 2015.

ROSSI, C.Q. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no Cerrado goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.4, p.1523-1534, jul./ago. 2013.

RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M.T.B. da (Coord.). **A soja em rotação de culturas no plantio direto**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 1998. cap.1, p.1-34.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade em um Podzólico Vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.

SILVA, A.C. et al. Caracteres morfológicos de soja e braquiária consorciadas sob subdoses de fluazifop-p-butil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.277-283, mar./abr. 2005a.

SILVA, A.C. et al. Dessecação pré-colheita da soja e *Brachiaria brizantha* consorciadas com doses reduzidas de gramínicida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.37-42, jan. 2006.

SILVA, A.C. et al. Efeitos de doses reduzidas de fluazifop-p-butil no consórcio entre soja e *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.22, n.3, p.429-435, jul./set. 2004.

SILVA, A.C. et al. Épocas de emergência de *Brachiaria brizantha* no desenvolvimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p.769-775, jul./ago. 2005b.

WESLEY, T.L. et al. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. **Journal of Production Agriculture**, v.11, n.3, p.331-336, July/Sept. 1998.

HOMENAGEM

AMIGO DE TODOS!
UM EXEMPLO DE AMOR E
DEDICAÇÃO À PESQUISA.



CÍCERO MONTI TEIXEIRA
1979 - 2017



**INFORME
AGROPECUÁRIO**



Cultivo de feijão em Sistema Plantio Direto no Cerrado

Silvino Guimarães Moreira¹, Damiany Pádua Oliveira², Carlos Alberto Silva³, Michele Duarte Menezes⁴, Douglas Ramos Guelfi Silva⁵, Élberis Pereira Botrel⁶, Alfredo Scheid Lopes⁷, Messias José Bastos de Andrade⁸

Resumo - Nos últimos 50 anos ocorreu grande evolução tecnológica na agricultura brasileira com aumento expressivo da área sob Sistema Plantio Direto (SPD). Esses impactos nos sistemas de cultivo elevaram também a produção nacional de feijão de 2,215 milhões de toneladas, na safra 1976/1977, para 3,180 milhões de toneladas, na safra 2016/2017, enquanto a produtividade média passou de 488 kg/ha para 1.067 kg/ha. Dentre as principais premissas para produção de feijão sob SPD com sustentabilidade, estão a adequada construção e manutenção da fertilidade do solo, o emprego de eficiente rotação/sucessão de culturas e o manejo racional de plantas daninhas, pragas e doenças.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Rotação de cultura. Fertilidade do solo. Plantas daninhas. Praga. Doença.

Growing dry edible bean under no-tillage in the Cerrado

Abstract - In the past 50 years, extensive technological evolution has occurred in the Brazilian agriculture and there has been an expressive increase in the area under the no tillage system (NT). This evolution and crop system have also led to an increase in Brazilian dry edible bean production, from 2,215 million tons in the 1976/77 crop season to 3,180 million tons in the 2016/17 crop season, while mean yield increased from 488 to 1,067 kg/ha. Among the main premises for sustainable dry edible bean production under NT are adequate construction and maintenance of soil fertility, the use of efficient rotation and crop succession, and rational management of weeds, pests, and diseases. Regarding these themes, the present article discusses the knowledge and procedures currently in use, as well as the main challenges, limitations, and perspectives.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Crop rotation. Soil fertility. Weeds. Pests. Diseases.

INTRODUÇÃO

Desde os anos 70 ocorreu grande evolução tecnológica na agricultura brasileira. Novas cultivares foram disponibilizadas, um controle mais efetivo de pragas foi realizado e práticas de manejo do solo mais conservacionistas foram adotadas, principalmente com o aumento expressivo da área sob Sistema Plantio Direto (SPD). Esses avanços permitiram que a produtividade das culturas praticamente triplicasse.

Os impactos nos sistemas de cultivo elevaram também a produção nacional de feijão de 2,215 milhões de toneladas, na safra 1976/1977, para 3,180 milhões de toneladas, na safra 2016/2017, de acordo com estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, 2018). Segundo essas mesmas previsões, a produtividade do feijoeiro pode passar de 488 para 1.069 kg/ha, e ainda pode crescer, pois os agricultores que utilizam

alta tecnologia conseguem ultrapassar 3.000 kg/ha de grãos. Considerando que já existe no País reserva técnica e econômica para obtenção de supersafras, basta ao produtor incorporá-las ao sistema de produção de feijão.

Dentre as principais premissas para produção de feijão sob SPD, com sustentabilidade, estão a adequada construção e manutenção da fertilidade do solo, bem como o emprego de eficiente rotação/sucessão de culturas, visando à manutenção

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Associado UFLA - Depto. Agricultura, Lavras, MG, silvinomoreira@dag.ufla.br

²Eng. Agrônoma, Pós-Doutoranda Ciência do Solo UFLA - Depto. Ciência do Solo, Lavras, MG, damiany.padua.oliveira@gmail.com

³Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Tit., UFLA - Depto. Ciência do Solo/Bolsista CNPq, Lavras, MG, csilva@dcs.ufla.br

⁴Eng. Agrônoma, D.Sc., Prof^a Adj. UFLA - Depto. Ciência do Solo, Lavras, MG, michele.menezes@dcs.ufla.br

⁵Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Adj. UFLA - Depto. Ciência do Solo, Lavras, MG, douglasguelfi@dcs.ufla.br

⁶Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Associado, UFLA - Depto. Agricultura, Lavras, MG, elberis@dag.ufla.br

⁷Eng. Agrônomo, Ph.D., Prof. Emérito UFLA - Depto. Ciência do Solo, Lavras, MG, ascheidl@dcs.ufla.br

⁸Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. Colaborador Voluntário UFLA - Depto. Agricultura, Lavras, MG, mandrade@dag.ufla.br



do solo coberto com palha durante o ano todo. As possibilidades de combinação de plantas na rotação do SPD são infinitas, mas a escolha de cada uma deve estar condicionada ao tipo de solo, às condições climáticas, à quantidade de palha produzida e ao requerimento nutricional das culturas.

Como o feijoeiro apresenta um sistema radicular superficial, pequenos períodos de estiagens ou longos intervalos sem irrigação podem afetá-lo. Com o intuito de reduzir esses impactos, o acúmulo de matéria orgânica (MO) nas camadas superficiais do solo sob cultivos sucessivos no SPD tem contribuído para melhoria na utilização de água e nutrientes, com incremento na produtividade. Além de reter nutrientes e água, a maior preservação da MO propicia um ambiente ótimo para crescimento de raízes do feijoeiro, além de reduzir as perdas e armazenar água para fornecimento em eventuais déficits. A palha no solo contribui, ainda, para a redução da incidência de plantas daninhas e, quando associada aos cultivos em sucessão e rotação, evita a disseminação de inóculos de fitopatógenos. Um dos grandes desafios do sistema de cultivo tem sido o controle de insetos-pragas da cultura, os quais sobrevivem na palha, e das pragas que utilizam culturas antecessoras para chegar ao feijão.

Neste artigo são discutidos os principais pontos associados aos desafios atuais e aos gargalos relacionados com os manejos da fertilidade do solo, plantas daninhas, insetos-pragas e doenças na cultura de feijão sob SPD.

ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS

Apesar de o SPD ter iniciado no Brasil há mais de 40 anos, grande parte dos 32 milhões de hectares, hoje cultivados sob esse sistema, não apresenta alguns dos pilares básicos para sua sustentabilidade, como a rotação/sucessão de culturas, com cobertura do solo no outono-inverno.

A maior expansão do SPD no Cerrado ocorreu após a década de 1990, com os estudos sobre plantas de cobertura. A

região apresenta muitas particularidades regionais, em função de sua grande área – 175 milhões de hectares, segundo Lopes (1984) –, sendo necessários estudos regionalizados para a definição das espécies de cobertura mais apropriadas para cada situação.

O Cerrado apresenta grande variação em solo, clima e relevo. A pluviosidade anual, por exemplo, varia de 750-800 mm até 2.000 mm, com variações também na distribuição (LOPES, 1984). A escolha de plantas de cobertura nessa região depende da adaptação destas a essas condições, e, ainda, do interesse do produtor. Em geral, preza-se por plantas de cobertura com:

- alta produção de matéria seca (MS), responsável pelo ambiente favorável ao crescimento vegetal e à recuperação/manutenção da fertilidade do solo, além da importante contribuição contra a erosão;
- alta capacidade de desenvolvimento radicular, sobretudo com rápido desenvolvimento inicial, por possibilitar imediata cobertura do solo, evitando o estabelecimento de plantas daninhas;
- que não hospedem pragas e doenças.

Por se tratar de região com temperaturas médias superiores às encontradas na Região Sul e com incidência de veranicos, sempre se buscou para o Cerrado espécies tolerantes ao déficit hídrico, como o milho, de sistema radicular agressivo. As leguminosas, em geral, são pouco utilizadas como espécies de cobertura no inverno, por causa do desenvolvimento inicial lento, maior custo de aquisição de sementes e alta taxa de decomposição de resíduos. Além disso, as gramíneas cultivadas na região têm apresentado maior produtividade de MS (OLIVEIRA; CARVALHO; MORAES, 2002; NUNES et al., 2006).

Em boa parte do Cerrado, em condições de inverno seco, a baixa precipitação após a colheita de verão poderia inviabilizar a safrinha e/ou os cultivos de inverno. No entanto, estudos demonstram a viabilidade de

culturas de cobertura do solo em algumas regiões, como a região Central de Minas (MOREIRA et al., 2014).

Nos últimos anos, vários trabalhos sobre plantas de cobertura foram realizados em solos sob Cerrado, com resultados promissores. Nos estudos de Moreira et al. (2014), por exemplo, quatro espécies (girassol, milheto, nabo forrageiro e *Crotalaria juncea*) produziram MS entre 5,9 e 10,3 t/ha, valores próximos ou acima das 6 t/ha mínimas descritas por Alvarenga et al. (2001), como necessárias para o SPD. Mesmo com a menor MS dentre as espécies que se destacaram, o acúmulo de N pela *C. juncea* atingiu a ordem de 200 kg/ha, viabilizando seu uso. No trabalho de Teixeira et al. (2009), quando em consórcio com milheto, essa espécie não só produziu alta MS como também acumulou N acima de 250 kg/ha. Por outro lado, caso haja restrição hídrica após a semeadura das plantas de cobertura, baixas produtividades de MS podem ser obtidas. Segundo Torres, Pereira e Fabian (2008), com milheto, sorgo e braquiário (*Urochloa brizantha*) implantados após abril, a MS média alcançada não atinge 60% da produção requerida. Quando a braquiária foi semeada em meados de maio na região Sudoeste de Minas Gerais, a MS produzida tampouco atingiu 2 t/ha, nos trabalhos de Camargo e Piza (2007), reafirmando a influência das condições locais e a importância do conhecimento sobre as espécies vegetais a serem introduzidas.

Diante da dificuldade de produção de MS nas regiões de inverno seco, uma alternativa para produzir palha para o SPD e manter o solo coberto durante o ano todo tem sido a adoção dos consórcios milho/braquiária, implantados no sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP). Ainda é possível fazer a sobressemeadura de gramíneas, como espécies de braquiária e milheto nas lavouras de soja, na fase de enchimento de grãos (entre os estádios R5 e R6). Em ambos os casos, após a colheita da cultura de verão, há o desenvolvimento da gramínea, a qual poderá ser utilizada como palha para o SPD, pastagem ou ambas.



Já nas regiões com maior disponibilidade e melhor distribuição de chuvas, há inúmeras possibilidades de cultivo em rotação e sucessão de culturas. Assim, na região Sul de Minas, tem-se estimulado o emprego das rotações soja/milho e milho/feijão na primavera-verão. Normalmente, cultivam-se trigo e feijão no outono/inverno, em sucessão à soja e milho, respectivamente. No entanto, isso somente é possível por causa do aumento das produtividades e do retorno econômico das culturas utilizadas na rotação. Vale destacar que, há cerca de 10 a 15 anos, havia basicamente nessa região a monocultura do milho, com incidência frequente de doenças.

O cultivo de soja na primavera-verão, seguido do milho safrinha, comum em diversas áreas do Brasil Central, pode não ser sustentável, visto que essa sucessão tem impacto negativo sobre a produtividade das culturas, sobretudo pela infestação com nematoides. A manutenção do solo em pousio após a cultura do verão também deve ser evitada, já que a prática intensifica a infestação de plantas daninhas, que, além de não produzir volume adequado de palha, aumenta o banco de sementes nas áreas (CAMARGO; PIZA, 2007).

É importante atentar para espécies de plantas que asseguram retorno econômico. Esse é o principal fator responsável pela expansão das áreas de trigo de sequeiro no outono-inverno e da soja na primavera-verão, nas regiões Sul e Campo das Vertentes, em Minas Gerais.

MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO

Amostragem do solo sob SPD

Todo o sistema nacional de recomendação de corretivos e fertilizantes foi desenvolvido com base na avaliação da fertilidade do solo, obtida por meio de estudos de correlação e calibração, com base em curvas de respostas, geralmente realizadas para solos cultivados sob plantio convencional. Um dos problemas decorrentes disso é que os procedimentos de amostragem de solo e a calibração dos

resultados foram desenvolvidos para a camada de 0 a 20 cm, enquanto que muitas das recomendações atuais de amostragem de solos sob SPD referem-se à camada superficial (até 10 cm de profundidade).

Quando da elaboração das recomendações de adubação e calagem para o SPD, a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) seguiu basicamente as orientações em uso nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, pois não havia estudos para as condições de Minas Gerais. Assim, foram recomendadas as amostragens com coletas perpendiculares à linha de semeadura, entre as duas metades das entrelinhas adjacentes, respeitando-se o número mínimo de 10 a 15 amostras simples coletadas nas faixas de profundidade de 0 a 5, 6 a 10 e 11 a 20 cm.

Pelas dificuldades práticas da coleta de grande volume de solo, de forma muito estratificada, essas recomendações acabaram ignoradas pelos produtores e técnicos de campo, o que despertou a necessidade de novas elaborações. A partir de 2004, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo - Rio Grande do Sul/Santa Catarina (CQFS-RS/SC) (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004) passou a recomendar a amostragem na camada de 0 a 10 cm, muito útil para definir a necessidade de calagem em SPD já consolidado, evitando que doses elevadas de corretivo sejam adicionadas na superfície do solo, a ponto de causarem supercalagem. Para Pauletti et al. (2009), em solos sob SPD já consolidado e com fertilidade construída, as amostragens podem ser efetuadas nas camadas 0 a 10 ou 0 a 20 cm. Entretanto, recentemente, no estado do Paraná definiu-se a camada de 0 a 20 cm como a mais adequada a ser amostrada nos solos sob SPD, cuja fertilidade já se encontra construída, e essa recomendação foi incluída no atual manual de adubação do Estado (PAULETTI; MOTA, 2017). De acordo com as novas orientações, a cada três anos recomenda-se a retirada das amostras de forma estratificada nas camadas de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm,

acompanhando a mobilidade dos nutrientes no perfil. Trados que coletam pequenas quantidades de terra (calador e rosca) não são recomendados para amostragem em solos sob SPD, por causa do pequeno volume de terra coletado e da possível perda da camada mais superficial, rica em nutrientes (PAULETTI; MOTTA, 2017).

Amostragens georreferenciadas para agricultura de precisão

A amostragem do solo voltada à agricultura de precisão, assim como o método de amostragem tradicional, tem como objetivo caracterizar a fertilidade da lavoura, mas o principal diferencial refere-se à análise da variabilidade ou distribuição espacial dos atributos do solo dentro do talhão. Este fato traz algumas modificações na amostragem, para cumprir requisitos importantes no tocante aos métodos de interpolação espacial. O primeiro diz respeito à localização dos pontos amostrados (pontos georreferenciados), a qual deve ser geograficamente conhecida. A cada ponto amostrado devem ser informadas as coordenadas de latitude (x) e longitude (y), com base em um sistema de coordenadas, conhecido ou arbitrário, e corresponder ao valor do atributo amostrado (z). Ao optar por um sistema de coordenadas conhecidas, como, por exemplo, o sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) (atualmente o mais empregado), o uso do sistema de posicionamento global – Global Positioning System (GPS) torna-se necessário.

Outro ponto importante está relacionado com a densidade amostral, que, de modo geral, é maior, a fim de cobrir a variabilidade espacial da área como um todo, para gerar mapas de interpolação mais confiáveis. Desse modo, opta-se, preferencialmente, pelo esquema amostral do tipo grade ou malha regular, cujas distâncias entre os pontos amostrais são regulares (CHERUBIN et al., 2014). Devem ser evitadas grades acima de 2 ha, sendo que o melhor critério é um estudo preliminar em uma gleba representativa



da propriedade. O objetivo é definir até que distância máxima há autocorrelação (dependência espacial) entre os atributos de maior variabilidade no solo (como os teores de fósforo (P) e de potássio (K), por exemplo). A distância máxima em que há autocorrelação entre os dados é que define a distância entre os pontos amostrais (grade amostral). A detecção dessa distância máxima de dependência espacial entre os pontos pode ser obtida a partir de técnicas geoestatísticas, como a construção de semivariogramas.

Após a definição dessa densidade amostral, em campo faz-se o percurso no perímetro da área, construindo um mapa da área a ser amostrada. Softwares específicos podem dividir a área em quadrículos imaginários, bastando informar o local onde os pontos serão coletados. Na Figura 1A, é apresentado um exemplo em que foi

construída uma grade regular amostral de 1 ha em uma área total de estudo de 480 ha, onde o software de Sistema de Informações Geográficas (SIG) determinou o ponto central. Assim, são retiradas de 10 a 20 amostras simples (2 a 5 m em volta desse ponto central), que irão compor cada amostra composta.

Após amostragem e análises das amostras, são elaborados os mapas com a distribuição contínua de cada nutriente e dos outros atributos do solo na área. Nos mapas de distribuição contínua, cada pixel representa uma área no mapa e possui um valor de atributo do solo a este atrelado, como por exemplo, no mapa de interpolação espacial do pH do solo (Fig. 1B). Posteriormente, faz-se interpretação dos dados e são elaborados os mapas de aplicação dos fertilizantes e corretivos a taxas variáveis. Respeitando-se os princípios da

agricultura de precisão, é possível reduzir, na maioria das vezes, as quantidades de insumos a ser aplicadas. No caso do calcário podem ser evitadas aplicações em locais da gleba com altos valores de saturação por base, minimizando os problemas com micronutrientes.

Outra forma de uso da agricultura de precisão, além da amostragem georreferenciada, é o mapeamento da produtividade, com colhedoras dotadas de monitores de colheita. Um histórico de três a quatro anos de coletas permitirá ao produtor mapear os pontos da lavoura com menores e maiores produtividades. Será possível investigar as causas das manchas de fertilidade (pontos com baixas produtividades). Muitas vezes essas manchas ocorrem em locais com solos mais arenosos, mais rasos e/ou com maior declividade, além de problemas fitossanitários. No final, serão definidas as

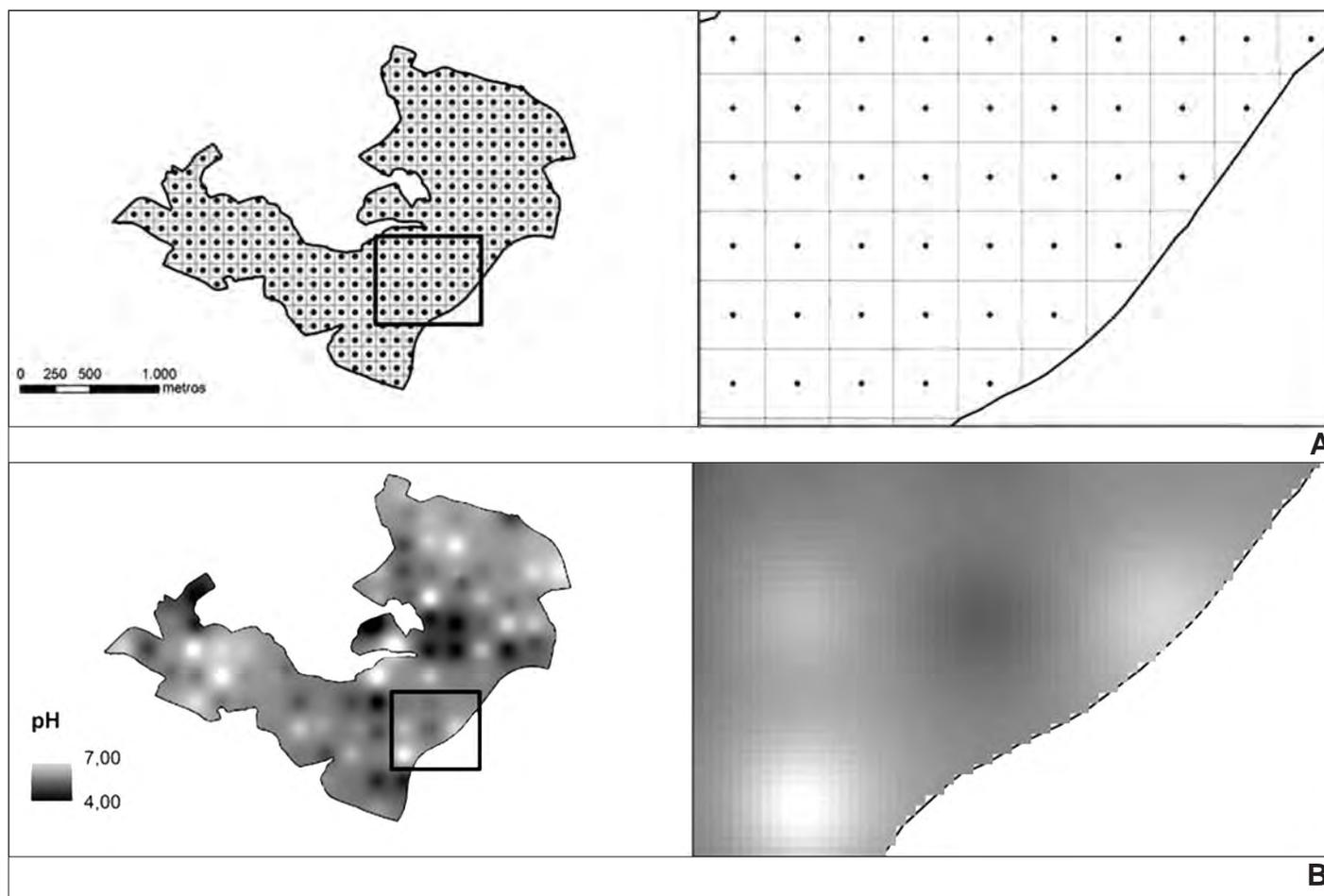


Figura 1 - Amostragem em grade regular e exemplo de mapa de distribuição contínua

Nota - A - Amostragem em grade regular; B - Exemplo de mapa de distribuição contínua, com base em pixels do pH do solo.

unidades de manejo, ou seja, aquelas que deverão ser amostradas de forma diferenciada e manejadas em termos de adubação de acordo com seu potencial de produção.

Correção do solo antes da adoção do SPD

Em qualquer sistema de cultivo, a adequada correção da acidez do solo permitirá o melhor aproveitamento da maioria dos nutrientes. Em valores de pH (H_2O) entre 6,0 e 6,5, há maior disponibilidade dos macronutrientes e de alguns micronutrientes. Nesse intervalo, é maior a atividade dos microrganismos, o que favorece a disponibilização dos nutrientes presentes na palha e MO.

Como o calcário é um produto de baixa solubilidade e mobilidade no perfil dos solos, as correções devem ser realizadas com a maior antecedência possível da semeadura das culturas. O prazo para completa correção da acidez é relativo, pois é dependente da dose, das naturezas química e física do calcário (poder relativo de neutralização total (PRNT)) e das condições de umidade do solo. Dessa forma, o período de três meses relatado na literatura (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999) pode ser insuficiente para a correção, fato frequente nas condições do Cerrado brasileiro, principalmente pela dependência de precipitações pluviais para garantir essa umidade.

Como a movimentação do solo não é desejável após adoção do SPD, há necessidade de uma incorporação profunda do corretivo antes da implantação do sistema. Recomenda-se a incorporação do calcário a uma profundidade mínima de 30 a 40 cm. Antes da implantação do SPD também é recomendada a utilização de calcário de granulometria mais grosseira, para que ocorra maior efeito residual, não se esquecendo, porém, de fazer a correção da dose em função do valor do PRNT do calcário.

Sousa e Lobato (2004) mencionam que existem dois métodos de recomendação de calcário em uso na região dos Cerrados: método com base nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis e método que utiliza a saturação por bases.

Método com base nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis

Apresenta o cálculo da dose de calcário usando-se três fórmulas:

- a) para solos com capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0 ou valor T) maior que $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, teor de argila acima de 15% e teor de Ca + Mg menor que $2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ utiliza-se a fórmula seguinte:

$$NC \text{ (t/ha)} = [(2 \cdot Al) + 2 - (Ca + Mg)] \cdot f$$

em que:

NC = necessidade de calcário;

f = fator de correção para a qualidade do calcário – $f = 100/\text{PRNT}$.

- b) para solos com capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0 ou valor T) maior que $4,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, teor de argila maior que 15% e teor de Ca + Mg maior que $2,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, utiliza-se a fórmula seguinte:

$$NC \text{ (t/ha)} = (2 \cdot Al) \cdot f$$

- c) para solos arenosos (com teor de argila menor que 15%) a quantidade de calcário (NC) é dada pelo maior valor encontrado em uma das duas fórmulas seguintes:

$$NC \text{ (t/ha)} = (2 \cdot Al) \cdot f \text{ ou } NC \text{ (t/ha)} = 2 - (Ca + Mg) \cdot f$$

As principais críticas relativas à metodologia citada são relacionadas com a exigência de apenas $2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca + Mg pela cultura do feijão. Isso porque a Recomendação para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999), apresenta como faixa de valores adequados para Ca^{2+} e Mg^{2+} , os valores de 2,5 a 4,0 e 0,9 a $1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente. Outra evidência relativa a esse fato é que nos estudos de Fageria e Stone (2004), os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} determinados como adequados para a cultura do feijão em solos sob Cerrados foram de 4,0 e $1,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente.

Método que utiliza a saturação por bases do solo

É um método que também vem sendo muito usado na região. É calculado pela fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = V_2 - V_1 / 100 \cdot T \cdot f$$

em que:

V_2 = saturação por bases que se deseja;

$V_1 = S/T \times 100$ = saturação por bases atual do solo;

$T = (H + Al + S)$ em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$;

$S = (Ca + Mg + K)$ em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$;

F = fator de correção para PRNT do calcário anteriormente mencionado.

Alguns aspectos práticos sobre a calagem merecem ser lembrados:

- as doses de calcário, de acordo com os métodos citados, são estimadas para uma profundidade de incorporação na camada de 0 a 20 cm. Caso a quantidade de calcário seja para incorporação a uma maior camada, deve-se fazer a correção da dose;
- a dose final calculada deve ser feita em decorrência do PRNT do calcário de acordo com o valor de f;
- a dose final de calcário a ser aplicada deve ser feita distribuindo-se metade antes da aração e metade antes da gradagem;
- o valor de V_2 para a cultura do feijão, quando do uso do método que utiliza a saturação por bases do solo, deve ser de 60%.

Ainda de acordo com Sousa e Lobato (2004), o método para estimar NC com base no Al, Ca e Mg trocáveis eleva a saturação por bases do solo para valores médios de 49%. Com base nesse critério, há tendência de se recomendar mais calcário para solos arenosos, com baixa CTC ($< 4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e menos que o necessário para solos com CTC alta ($> 12 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$).

Correção da acidez do solo após estabelecimento do SPD

Desde a década de 1980 havia dúvidas com relação à eficiência da calagem super-



ficial, em função da baixa solubilidade do calcário e de as recomendações para cultivos em plantio convencional preconizarem a incorporação dos corretivos da acidez. Com o tempo, diversos trabalhos demonstraram a viabilidade dessa prática, indicando ainda que, após vários cultivos sob SPD, há diminuição da acidez e aumento dos teores de nutrientes nas camadas subsuperficiais dos solos (CAIRES et al., 2013). Como é necessário tempo para haver movimentação do calcário para as camadas mais profundas, fica evidente a necessidade de adequada correção dos solos antes da adoção do SPD.

Sobre a recomendação de quantidade de calcário para solos sob SPD, Caires (2013) demonstrou ser possível a utilização de metodologia semelhante à do plantio convencional. A dose poderá ser aplicada de uma única vez ou parcelada em até três vezes. Contudo, a aplicação não deve ser realizada em solos com saturação por bases da camada de 0 a 5 cm maior que 65% e/ou nos locais com $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ acima de 5,6. Em solos com pH elevado (pH em água maior do que 6,5), a disponibilidade dos micronutrientes catiônicos (Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+}) é reduzida, pela maior intensidade das reações desses micronutrientes com as oxidrilas (OH). O pH alcalino existente na superfície do solo também aumenta as perdas de N por volatilização de amônia, principalmente quando a fonte utilizada é a ureia. Nessas condições, se houver aplicação de P a lanço na superfície, ocorrerá sua precipitação com íons Ca^{2+} , formando fosfatos de cálcio menos solúveis.

Utilização do gesso em solos sob SPD

Uma das mais severas limitações à obtenção de altas produtividades nas condições do Brasil Central é a ocorrência de veranicos. A principal forma de amenizar os problemas da falta de água é a promoção do crescimento do sistema radicular em profundidade, objetivando-se aumentar a absorção de água e de nutrientes das camadas mais profundas do solo. Torna-se

necessário eliminar as barreiras químicas à penetração das raízes (alta saturação por Al e/ou baixos teores de Ca), por meio da gessagem, antes de iniciar a produção agrícola (LOPES; GUILHERME, 1994).

A gessagem é recomendada em locais com subsolos ácidos, ou seja, com as camadas subsuperficiais (20 a 40 e/ou 40 a 60 cm) apresentando teores de Ca menores que $0,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e/ou teores de Al maiores que $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e/ou saturação por Al^{3+} maior do que 30% (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999), condições geralmente coincidentes nesses solos.

As doses recomendadas para uma camada de 20 cm de espessura (20 a 40 ou 40 a 60 cm) dos solos sob Cerrado variam com a textura do solo e com a cultura. Para cultivos anuais, como o feijão, o cálculo da necessidade de gesso é realizado por meio da multiplicação da porcentagem de argila por 50 (SOUSA; LOBATO, 2004).

Em áreas com baixa incidência de veranicos e nos locais com grande produção de palha e com fertilidade construída, o acúmulo de altos teores de MO, nas camadas superficiais do solo, pode resultar em mais água disponível para o feijoeiro, e com isso mitigar os efeitos positivos da gessagem sobre a cultura. Especificamente, no caso do feijoeiro, os efeitos negativos da falta de água sobre a cultura são intensificados, por causa da superficialidade de seu sistema radicular na maioria das lavouras. Além disso, em geral, há preferência das raízes por locais com maior quantidade de água armazenada no solo, MO, N e Ca e por horizontes mais friáveis, condições que podem prevalecer nas camadas superficiais (0 a 10 cm) de solos sob SPD consolidado e com fertilidade do solo construída, tendo como base o maior armazenamento de MO no solo. Os efeitos que mais se destacam da resposta das culturas à gessagem são o maior crescimento de raízes e o uso mais eficiente de água e nutrientes no subsolo. Por isso, são necessárias mais pesquisas para verificar se há maior ou menor eficiência agrônômica do gesso agrícola nas condições de solos mencionadas, ou seja, em lavouras sob SPD, com a fertilidade

construída e com maiores teores de MO. Mesmo assim, vale destacar que o gesso continua sendo uma importante fonte de baixo custo de enxofre e cálcio às culturas.

Manejo da adubação em solos sob SPD

As principais dúvidas, em qualquer programa de adubação, estão relacionadas com as quantidades dos nutrientes a ser aplicadas, ao momento e forma de sua aplicação e às fontes utilizadas.

Nitrogênio

Em termos de quantidades a ser aplicadas, deve-se levar em conta a alta imobilização do nutriente, nos primeiros anos de adoção do SPD, a qual tende a ser reduzida com o tempo. Após a estabilização do SPD, liberações de até 100 kg/ha de N, por ano, podem ser observadas em solos com grande aporte de palha (PEREIRA et al., 2013).

Para a manutenção do SPD no Cerrado há necessidade de um aporte anual de palha da ordem de 12,5 a 16 t/ha de MS. Para tanto, devem ser adotadas plantas de cobertura com alta produção de MS e relação C/N > 30 no caso das poáceas, como braquiária, milheto e aveia. Quando o feijoeiro é implantado nessa condição, há necessidade de um maior aporte inicial de N na semeadura (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999), a fim de compensar a imobilização inicial feita pelos microrganismos decompositores.

Tradicionalmente, parte do N é aplicada na semeadura, junto com todo o P_2O_5 e parte do K_2O . O emprego de pequena dose de N na semeadura não interfere na nodulação e na fixação simbiótica de N pelo feijoeiro (Tabela 1). No entanto, em áreas sob SPD, com feijão semeado sob gramíneas, recomenda-se trabalhar com uma dose mínima de 30 kg/ha de N na semeadura e o restante em cobertura, de acordo com a expectativa de produtividade. Em solos com mais de 15% de argila e/ou quando o rendimento esperado for superior a 3 t/ha, aplicações de 40 a 80 kg de N/ha



devem ser realizadas entre os estádios V3 e R5. Em condições de teores abaixo de 15%, o N deve ser parcelado em duas vezes (½ em V3/V4 e ½ em R5).

Nos solos sob SPD, por causa da imobilização do N pelos microrganismos decompositores da palha, alguns produtores têm retirado o N da cobertura, aplicando-o na pré-semeadura. No entanto, essa aplicação deve ser evitada em solos de textura média a arenosa e em locais sujeitos a altas precipitações pluviométricas, pelas possíveis perdas por lixiviação, que podem levar à redução de produtividade.

Dentre as fontes de N disponíveis, a ureia é a mais utilizada, por ser mais concentrada (43% a 46% de N) e de menor custo. Contudo, cuidados na aplicação podem ser decisivos. As perdas de amônia (NH₃) são maiores, quando a aplicação é feita na superfície de solos úmidos, sem chuvas posteriores, e nas aplicações a lanço sobre a palha do SPD. A melhor forma de evitar essas perdas é a leve incorporação da ureia (cobrir com 5 cm de terra), a qual é dificultada nas grandes áreas de cultivo. Outra opção seria o emprego de outras fontes, como sulfato ou nitrato de amônio, ureia com inibidores de urease ou ureia com liberação lenta, além da possibilidade de incorporação da ureia comum com a água de irrigação ou de chuva, a qual incorpora o fertilizante nitrogenado, reduzindo as perdas por volatilização. Por outro lado, chuvas pesadas podem conduzir a perdas de N por lixiviação, principalmente em solos arenosos, condição para a qual se

recomenda o parcelamento da adubação nitrogenada.

Fósforo (P)

Muitos dos solos hoje já se apresentam com fertilidade construída quanto ao P. Em decorrência dos baixos teores iniciais de P e de sua alta capacidade de fixação nos solos, sempre se trabalhou com altas doses desse nutriente na forma de adubações corretivas (fosfatagem corretiva) e/ou na semeadura das culturas anuais, quando eram preconizadas formulações com altas porcentagens de P₂O₅. Na atualidade, mesmo em solos com altos teores de P, produtores empregam doses elevadas na semeadura sob SPD, com receio de redução das produtividades, mas isso pode causar desequilíbrios, visto que as quantidades de N e K aplicadas não são suficientes para atender à exportação dos nutrientes pela cultura. Em solos com fertilidade construída, as doses de P podem ser reduzidas para algumas culturas; para o feijoeiro, no entanto, há necessidade de estudos mais específicos (Tabela 1). Quanto ao manejo desse nutriente, o recomendado é a aplicação de fontes solúveis no sulco de semeadura. Porém, a aplicação a lanço tem conquistado adeptos, sobretudo por aumentar o rendimento operacional no momento da semeadura. Entretanto, apenas em solos com alto ou adequado teor de P, há resposta positiva à adubação com P a lanço em pré-semeadura.

Como a aplicação a lanço é costumeiramente realizada com distribuidores cen-

trífugos (discos), com dosador volumétrico (esteiras), a faixa de aplicação acaba sendo maior do que a largura do equipamento. Esse tem sido um grande problema no campo, pois, muitas vezes, as faixas de aplicação são desconhecidas e não aferidas.

Os principais questionamentos quanto à aplicação de P a lanço dizem respeito às possíveis reduções na disponibilidade do nutriente por precipitação com os íons Fe⁺³, Al⁺³ e Mn⁺², formando fosfatos insolúveis, além dos aumentos da adsorção com óxidos/hidróxidos de Fe e Al. Em solos que ainda não apresentam sua acidez totalmente corrigida, íons Al³⁺ e Fe³⁺ podem combinar com P, formando fosfatos de ferro e alumínio e, assim, reduzir o P disponível. Em solos sob SPD com aplicação do calcário em superfície, a aplicação de P a lanço pode resultar em fosfato de cálcio, forma do nutriente indisponível às plantas.

Merecem destaque ainda, em relação ao P aplicado a lanço, as perdas por escoamento superficial, que podem ser elevadas em locais com pouca palha na superfície. Em regiões com relevo mais ondulado, como no Sul de Minas, essas perdas podem ser ainda maiores. Mesmo em áreas planas, menos sujeitas a essas perdas, pode haver depressão do P das camadas de 10 a 20 cm. Ressalta-se que o transporte do P da solução do solo até as raízes dá-se por difusão e a curtas distâncias (milímetros) dos pontos de aplicação, mostrando-se altamente dependente de água, que poderá faltar nas camadas superficiais por ocasião de veranicos.

Normalmente, são utilizadas fontes solúveis de P, principalmente pelo fato de o feijão ser uma cultura com grande demanda do nutriente e apresentar ciclo muito rápido.

Potássio

Doses acima de 50 a 60 kg/ha de K₂O, na linha de semeadura, causam injúrias nas raízes do feijão, as quais se transformam em portas de entrada para patógenos. Por essa razão, produtores que adotam alta tecnologia têm retirado o K da linha de

Tabela 1 - Recomendação de adubação de semeadura para a cultura do feijão, de acordo com a expectativa de rendimento, para solos com fertilidade construída

Expectativa de rendimento (t/ha)	N (kg/ha)	P extraível		K extraível	
		Adequado	Alto	Adequado	Alto
		P ₂ O ₅ , kg/ha		K ₂ O, kg/ha	
3	20	60	30	60	40
4	20	80	40	80	50
5	20	120	60	100	70

Fonte: Sousa e Lobato (2004).



semeadura, uma vez que trabalham com maiores doses de K_2O . Além disso, as perdas por lixiviação podem ser maiores com sua aplicação concentrada no sulco. No caso de doses de K_2O superiores a 60 kg/ha (Tabela 1), é recomendável aplicar metade na semeadura e, o restante, em cobertura (junto com o N) ou o total a lanço em pré-semeadura, principalmente em solos com CTC menor que $4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ (SOUSA; LOBATO, 2004). A fonte mais utilizada é o KCl, por ser bastante concentrada e apresentar baixo custo por quilo de K_2O .

Cálcio e magnésio

Quando a correção da acidez é criteriosa, são corrigidos os teores de Ca e Mg do solo, principalmente se for utilizado calcário dolomítico ou magnesiano. Caso necessário, podem ser empregados o gesso agrícola e o sulfato de magnésio como fontes de Ca e Mg.

Enxofre e micronutrientes

Caso não tenha sido feita a gessagem na área, deve-se fornecer de 20 a 30 kg/ha de S a cada cultivo. Quanto aos micronutrientes, segundo Sousa e Lobato (2004), citam-se:

- quando os teores estiverem baixos, aplicações a lanço de 2 kg/ha de B, 2 kg/ha de Cu, 6 kg/ha de Mn, 0,4 kg/ha de Mo e 6 kg/ha de Zn devem ser efetuadas. Essas doses poderão ser divididas em três partes iguais e aplicadas no sulco de semeadura, em três anos sucessivos. No nível médio desses micronutrientes, deve-se aplicar no sulco $\frac{1}{4}$ das doses recomendadas. No nível alto, não efetuar nenhuma aplicação. O efeito residual esperado é de quatro a cinco cultivos, tanto para a adubação a lanço como para aquela feita parceladamente no sulco. No entanto, recomenda-se análise foliar e do solo a cada dois cultivos, para verificar a necessidade de reaplicação;
- o Mo e o Co podem ser aplicados via semente durante o processo de inoculação com o rizóbio. Nesse

caso, as doses devem ser: 8 a 20 g de cloreto de cobalto ou 9 a 20 g de sulfato de cobalto + 50 a 80 g de molibdato de sódio ou 40 a 60 g de molibdato de amônio por 80 kg de sementes;

- o Mo pode também ser aplicado via foliar nas doses de 80 g de molibdato de sódio ou 60 g de molibdato de amônio por hectare no estádio V4;
- caso ocorram sintomas de deficiências de micronutrientes, essas podem ser corrigidas pelo uso da adubação foliar, utilizando-se uma ou mais das fontes sugeridas a seguir, de acordo com o sintoma de deficiência observado: B: 2 kg/ha de bórax ou 1,2 kg/ha de ácido bórico; Cu: 2 kg/ha de sulfato de cobre; Mn: 2 kg/ha de sulfato de manganês; Zn: 2 kg/ha de sulfato de zinco.

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS NO SPD

Dessecação para implantação do feijoeiro

O feijoeiro apresenta baixa capacidade de competição com as plantas daninhas nos primeiros estádios de desenvolvimento, fato que predomina até o estádio V4 (terceira folha trifoliada). Isso requer grande atenção no monitoramento das áreas, o qual começa por uma adequada dessecação das glebas para implantação da cultura.

Os herbicidas que têm como alvo o solo, como os de pré-emergência e de pré-plantio incorporado, normalmente apresentam baixa eficiência no SPD, em função da barreira formada pela palha. No entanto, tem-se obtido boa eficiência na utilização dos ingredientes ativos metalaclor e imazethapyr no controle de plantas de folhas estreitas (gramíneas e traçoeraba) e plantas de folhas largas, respectivamente. Nas glebas, onde a cultura antecessora não possui resistência ao glifosato, o controle das plantas daninhas deve ser com esse ingrediente ativo. No entanto, em alguns casos, uma única dose

na dessecação não é suficiente. Assim, em locais com presenças de plantas daninhas de folhas estreitas e folhas largas, a dessecação sequencial com glifosato associado a outro herbicida no controle de folha larga na primeira aplicação e uma segunda aplicação (entre 7 e 10 dias depois da primeira) com um produto de contato (a exemplo: paraquat e glufosinato de amônio), é uma alternativa. Outra opção seria a aplicação de glifosato seguida de uma segunda aplicação de outro herbicida, como o paraquat. Logicamente, a escolha dos herbicidas dependerá de uma avaliação prévia da área.

Quando as plantas daninhas de folhas largas não forem controladas satisfatoriamente, recomenda-se utilizar flumixazina, sequencialmente. Se for utilizado 2,4 *D Amina* na dessecação, deve-se respeitar a carência de 10 a 15 dias até a semeadura, dependendo da dose utilizada e da intensidade de chuvas após as aplicações, uma vez que a maioria das cultivares de feijão apresenta sensibilidade a esse herbicida.

Em áreas com alta quantidade de palha, recomenda-se aguardar entre 10 e 20 dias para a semeadura. Esse período visa assegurar a completa mortalidade das plantas daninhas, melhorar as condições de plantabilidade e possibilitar que as lagartas presentes debaixo da palha tenham tempo de completar o ciclo e migrar para outras áreas. Outro cuidado diz respeito à qualidade da água de pulverização, já que a utilização de água com grande quantidade de argila pode provocar perdas do glifosato e de outros herbicidas, por adsorção da molécula com os colóides em suspensão.

Manejo de plantas daninhas em pós-emergência

Há poucos produtos pós-emergentes para controle simultâneo de folhas largas e estreitas no feijoeiro. Os principais produtos podem ser obtidos no portal Agrofít (BRASIL, 2016). Em geral, são necessárias no mínimo duas aplicações para o controle das plantas daninhas, o que deve ser ini-



ciado em V3 (primeira folha trifoliolada), pois não se deve associar a maioria dos latifolicidas com gramínicidas, a fim de evitar baixa eficiência no controle de poaceae (gramínea). Há maior eficiência quando as aplicações ocorrem na fase jovem das plantas daninhas, com duas a quatro folhas verdadeiras e dois a quatro perfilhos, respectivamente para plantas de folhas largas e estreitas. Na recomendação de herbicidas para o feijoeiro, deve-se atentar à cultura sucessora. Caso a cultura seguinte seja o milho ou o sorgo, há possibilidade de efeito residual do herbicida fomesafen, o qual pode variar entre 100 e 180 dias, dependendo da dose aplicada, precipitação pluvial após aplicação, teor de MO do solo, dentre outros. Os melhores resultados no controle das principais folhas largas têm ocorrido por associação de imazamox+bentazon+fomesafen.

MANEJO DE INSETOS-PRAGAS NO SPD

Muitas espécies, principalmente lepidópteros, têm atacado os cultivos de outono-inverno, causando sérios problemas às lavouras de primavera-verão, implantadas em sequência. Algumas espécies de lagartas sobrevivem nas lavouras de outono-inverno

e podem causar sérios danos às culturas de primavera-verão (Fig. 2), exigindo cuidados redobrados. Muitas escondem-se debaixo da palha, dificultando sua visualização e atrasando os sinais da permanência, fazendo com que o prejuízo (morte de plantas) não possa mais ser evitado.

O cultivo de feijão após feijão ou feijão após soja deve ser evitado. Essa medida contribui para reduzir a população de insetos-pragas com grande potencial de danos. Principalmente nas semeaduras do feijão da seca e de inverno, o monitoramento e o manejo de insetos-pragas nas glebas vizinhas devem ser priorizados. Essas épocas, normalmente, coincidem com a colheita de soja e milho. Assim, se houver um manejo acertado, principalmente nas lavouras de soja, haverá redução da presença de mosca-branca, vaquinhas, percevejos (*Euschistopteros*, *Dichelops* ssp. e demais) e lagartas (complexo *Spodoptera*) nas futuras lavouras de feijão.

Caso haja áreas de pousio, recomenda-se a dessecação das plantas daninhas na pós-colheita das culturas de verão, visando reduzir a presença dessas plantas na futura lavoura e eliminar possíveis hospedeiras de insetos-pragas e de doenças para o feijoeiro.

Pragas como os corós (*Diloboderus abderus* e *Phyllophaga triticophaga*), lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*) e vaquinhas são favorecidas em SPD. Em condições de muita palha, como em locais ou épocas com alta umidade no solo, a ocorrência de lesmas e caracóis também é evidenciada. Por sua vez, a lagarta-elasm (*Elasmopalpus lignosellus*) tem sua ocorrência reduzida nesse sistema de cultivo. Tem sido comum a presença de lagartas como *S. frugiperda*, *S. eridania* e *S. cosmioides*, que causam o sintoma de “coração morto” (até o estágio V3 - primeiro trifólio), de forma semelhante aos danos da lagarta-rosca (Fig. 2). Essas lagartas também são causadoras de desfolha (Fig. 3) e podem ocasionar destruição de grãos dentro das vagens na fase reprodutiva (R7 a R9), de forma semelhante à lagarta *Helicoverpa armigera* (Fig. 4) e outras lagartas-das-vagens.

É crescente a ocorrência da lagarta-cabeça-de-fósforo (*Urbanus proteus*) (Fig. 5), o que mostra que no ambiente proporcionado pelo SPD, o desafio para o manejo de pragas é maior. Por essa razão, deve ser priorizado não apenas o controle das pragas-chave, mas também o manejo de todos os insetos no sistema de produção. Há necessidade ainda de novas

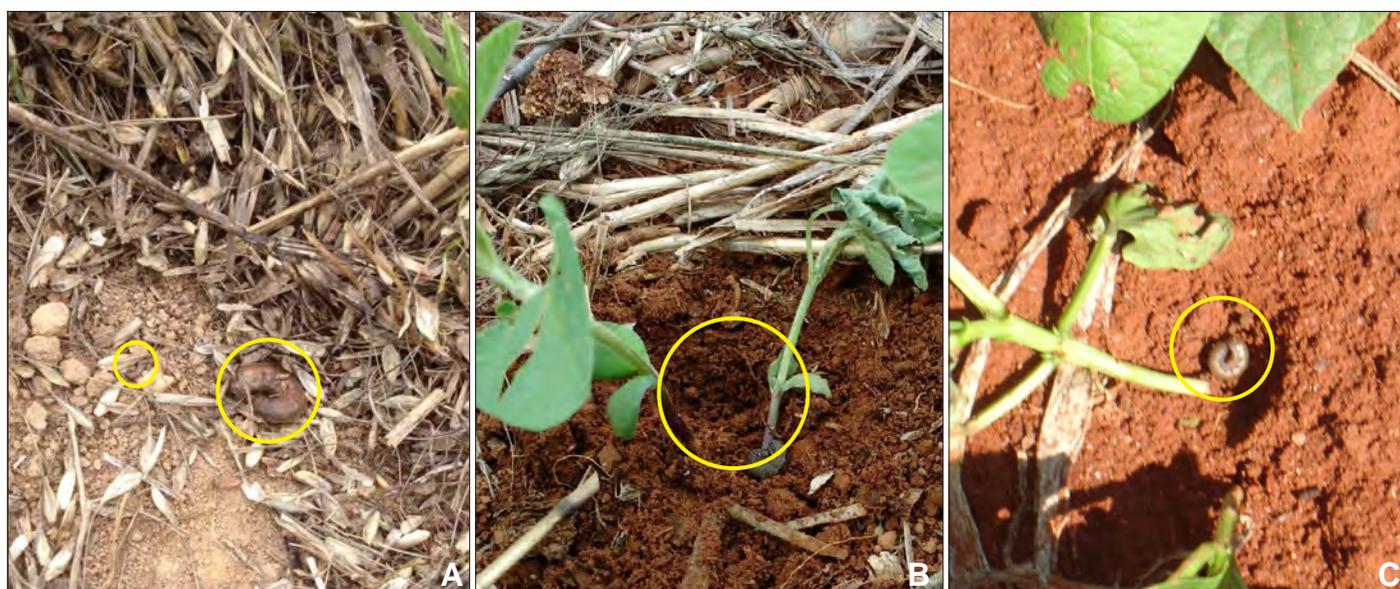


Figura 2 - Insetos-pragas em áreas sob Sistema Plantio Direto (SPD)

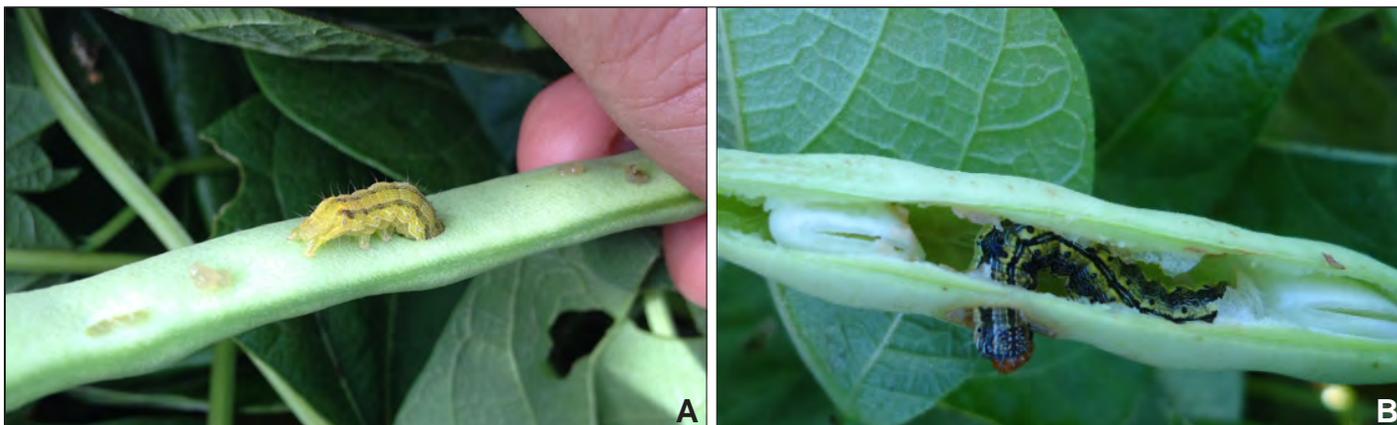
Nota: A - Presença de *Spodoptera frugiperda* na palha do trigo; B e C - Plantas de soja e feijão com sintoma de “coração morto”.



Foto: A - Silvano G. Moreira. Fotos: B e C - Breno Araújo

Figura 3 - Lagartas em lavoura de feijão sob Sistema Plantio Direto (SPD)

Nota: A - Diversas espécies de lagartas encontradas durante a amostragem de uma gleba de feijão; B - *Spodoptera cosmioides*; C - *Helicoverpa armigera*.



Fotos: Breno Araújo

Figura 4 - *Helicoverpa armigera* em lavouras de feijão cultivadas sob Sistema Plantio Direto (SPD)

Nota: A - Incidência; B - Danos associados.



Fotos: Evandro Ferreira

Figura 5 - Lagarta-cabeça-de-fósforo em alta infestação na lavoura de feijão cultivada sob Sistema Plantio Direto (SPD) – Nazareno, MG

Nota: A - Presença de adulto; B - Ovos; C - Larvas recém-eclodidas.

pesquisas, visando ao manejo integrado nessas condições.

MANEJO DE DOENÇAS NO SPD

O feijoeiro é atacado por inúmeras doenças responsáveis por grandes perdas de produtividade e qualidade dos grãos. Algumas doenças, como o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), murcha-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum*), mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*), antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e vírus-do-mosaico-amarelo-do-feijoeiro (*Bean golden mosaic virus*, BGMV) podem inviabilizar o cultivo em alguns casos.

De forma geral, para controle das doenças fúngicas mais danosas, o primeiro passo é evitar a entrada dos patógenos em áreas não infectadas, com utilização de sementes saudáveis, produzidas por empresas idôneas. Devem ser redobrados os cuidados com a limpeza dos implementos e evitado o tráfego de áreas contaminadas para não contaminadas. Contudo, não é mais possível obter altas produtividades de feijão sem a utilização de fungicidas no tratamento de sementes, assim como por meio de aplicações foliares preventivas e, algumas vezes, curativas. Não se descartam as práticas de rotação e sucessão de culturas com gramíneas, como medidas para reduzir a fonte de inóculo desses patógenos.

Como a rotação e sucessão de culturas são premissas básicas dos cultivos sob SPD, deveria ocorrer neste sistema redução e não aumento da incidência de doenças, como às vezes é relatado. No entanto, grande parte das doenças no SPD é observada em cultivos em monocultura, sem os devidos cuidados.

Em épocas de altos preços, é comum o cultivo de feijão após feijão ou soja, o que tem favorecido o aumento do inóculo. Em decorrência do custo elevado, muitas vezes são utilizadas sementes provenientes da safra anterior, sem a preocupação com as doenças transmitidas via semente. A utilização de sementes de baixa qualidade,

associada ao monocultivo, contribui para introduzir e disseminar as doenças no campo. É fato que alguns fungos podem permanecer nos ambientes de cultivo por períodos de 5 a 12 anos; assim, a principal forma de reduzir os problemas com as doenças seria, inicialmente, evitar a entrada do patógeno nas novas áreas.

Além de todas as medidas mencionadas, o desenvolvimento de cultivares resistentes às principais doenças deve ser contínuo. Os maiores problemas no campo estão relacionados com o mofo-branco, e, de forma geral, não há produtos disponíveis para seu efetivo controle. Com o aumento das áreas de cultivo de soja, a doença encontra-se disseminada em praticamente todo o País. Nas áreas de produção de grãos, é comum encontrar a doença que causa prejuízos tanto ao feijão, como às lavouras de soja.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há, no Brasil, tecnologias suficientes para cultivo de feijoeiro de alta produtividade, com obtenção de 3 a 5 t/ha de grãos, e para obtenção de supersafras, equivalentes às dos países onde se obtêm as maiores produtividades mundiais. Essa realidade ainda contrasta com a baixa produtividade média obtida atualmente no País, da ordem de 1 t/ha, mas pode, tecnicamente, criar condições para que uma inserção gradual de todo o pacote tecnológico disponível para grandes produtores de feijão seja transferida e absorvida por agricultores de menor acesso a novos conhecimentos e que dispõem de menores recursos financeiros.

Certamente, o SPD faz parte desse pacote e pode contribuir nesse sentido, pois, nas áreas onde há consolidação do sistema são criadas condições para construção da fertilidade do solo, com aumento substancial da MO e da eficiência de uso de água e nutrientes pela cultura. Esse aumento do grau de fertilidade ocorre, quase sempre, nas camadas superficiais do solo, onde majoritariamente dispõe-se o sistema radicular do feijoeiro.

Apesar dessas potencialidades, há muitos desafios a ser vencidos, como o representado por novas pragas e doenças que incidem sobre a cultura nas lavouras com cobertura do solo por palha. Outro desafio é o de modular a adubação do feijoeiro em áreas onde a capacidade natural de o solo suprir nutrientes para as plantas é maior do que em lavouras convencionais, para as quais a maioria dos conceitos e estratégias foi originalmente dirigida. Desse modo, ainda são necessárias pesquisas que levem a recomendações de sistemas de rotação/sucessão de culturas com o feijoeiro para as várias condições edafoclimáticas do País. Os coeficientes de mineralização/liberação de nutrientes pela palha em áreas de SPD precisam ser determinados, visando modular melhor a exigência em fertilizantes e corretivos da cultura. Há espaço também para seleção de novos arranjos de utilização da fixação biológica de nitrogênio do feijoeiro, o que viabilizará ainda mais as lavouras de alta produtividade e a transferência das tecnologias empregadas.

Estima-se que em cerca de dois anos, o Brasil será detentor da maior área de SPD no mundo, ultrapassando os Estados Unidos. Pela importância que o feijoeiro tem para o Brasil, espera-se que o avanço e a consolidação do SPD, em diferentes regiões do País, sejam acompanhados por significativos aumentos na produtividade brasileira de feijão.

AGRADECIMENTO

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo aporte financeiro às pesquisas.

REFERÊNCIAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos - safra 2017/18 - décimo primeiro levantamento. Brasília: CONAB,



v.5, n.11, ago. 2018. 144p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaeros/boletim-da-safra-de-gaeros>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

ALVARENGA, R.C. et al. Plantas de cobertura de solo para o Sistema Plantio Direto. **Informe Agropecuário**. Plantio direto, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, jan./fev. 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT: **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, [2016]. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 4 dez. 2017.

CAIRES, E.F. Correção da acidez do solo em Sistema de Plantio Direto. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.141, p.1-13, mar. 2013.

CAMARGO, R. de; PIZA, R.J. Produção de biomassa de plantas de cobertura e efeitos na cultura do milho sob Sistema Plantio Direto no município de Passos, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.3, p.76-80, jul./set. 2007.

CHERUBIN, M.R. et al. Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.3, p.425-432, mar. 2014.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Produtividade de feijão no Sistema Plantio Direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.73-78, jan. 2004.

LOPES, A.S. **Solos sob "Cerrado"**: características, propriedades e manejo. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162p.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Solos sob Cerrado**: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. São Paulo: ANDA, 1994. 60p. (ANDA. Boletim Técnico, 5).

MOREIRA, S.G. et al. Massa seca e macronutrientes acumulados em plantas de milho cultivadas sob diferentes espécies de cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.13, n.2, p.218-231, 2014.

NUNES, U.R. et al. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.943-948, jun. 2006.

OLIVEIRA, T.K. de; CARVALHO, G.J. de; MORAES, R.N. de S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1079-1087, ago. 2002.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. (Coord.) **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. 482p.

PAULETTI, V. et al. Atributos químicos de um latossolo bruno sob Sistema Plantio Direto em função da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.3, p.581-590, maio/jun. 2009.

PEREIRA, M.F.S. et al. Ciclagem do carbono do solo nos Sistemas de Plantio Direto e convencional. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.9, n.2, p.21-32, abr./jun. 2013.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 394p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

TEIXEIRA, C.M. et al. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalária no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.647-653, out./dez. 2009.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; FABIAN, A.J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.421-428, mar. 2008.

Informe Agropecuário, Folderes, Boletim Técnico, Cartilhas, Circulares técnicas e Série Documentos



Confira no site
www.epamig.br



Arroz de terras altas em Sistema Plantio Direto no Cerrado

Mabio Chrisley Lacerda¹, Adriano Stephan Nascente²

Resumo - O Sistema Plantio Direto (SPD) tem como premissas básicas a mobilização do solo apenas na linha de semeadura, a manutenção de palha na superfície do solo e a rotação de cultivos. Esse sistema é considerado sustentável, pois a manutenção da palha na superfície do solo proporciona maior proteção contra erosão, conserva a umidade, aumenta a atividade microbiana, reduz a infestação de plantas daninhas, aumenta os teores de matéria orgânica (MO) e fornece nutrientes para a cultura, pela degradação da palha. O arroz de terras altas é uma cultura importante para o agronegócio brasileiro e ocupa uma área de cerca de 1 milhão de hectares na região do Cerrado. Entretanto, a cultura não vem apresentando bom desenvolvimento no SPD, pois, pela ausência de revolvimento do solo, pode ocorrer aumento de densidade; e o arroz possui sistema radicular muito sensível à compactação. A cultura é originária de ambiente irrigado (reduzido) e necessita de maiores quantidades de amônio no solo, principalmente no início de seu desenvolvimento. Vários pontos devem ser observados para obter sucesso na produção do arroz de terras altas no SPD, tais como escolha de espécies de plantas de cobertura, manejo adequado da palha, escolha de solo e clima apropriados, regulação de semeadora, manejo da adubação, cultivares de arroz mais adequadas a esse sistema e manejo de plantas daninhas.

Palavras-chave: Cultivar. Planta de cobertura. Manejo da palha. Plantas daninhas. Adubação.

Upland rice under no-till system in the Cerrado

Abstract - The no tillage system (NTS) has as basic premises the mobilization of the soil only in the sowing row, the maintenance of straw on the soil surface and crop rotation. This system is considered sustainable, since the maintenance of straw on the soil surface provides greater protection against erosion, preserves its moisture, increases microbiological activity, reduces weed infestation, increases organic matter content, and provides nutrients for soil due to the degradation of this straw. Upland rice is an important crop for Brazilian agribusiness and covers an area of about 1 million hectares in the Cerrado region (Brazilian Savanna). However, the crop has not been showing good development in NTS. In the NTS, due to the absence of land preparation, its density can increase and the rice has a root system very sensitive to soil compaction. In addition, the crop originates from an irrigated environment (no air) rich in ammonium and poor with nitrate and, therefore, requires higher amounts of ammonium in the soil, especially at the beginning of its development. Thus, several points must be observed to be successful in the production of upland rice in the NTS, such as selection of cover crop species, adequate straw management, choice of appropriate soil and climate, regulation of seeding machine, management of fertilization, rice cultivars more suitable to this system and weed management. Therefore, this work aims to demonstrate the main techniques of upland rice cultivation in the no tillage system, presenting the latest research results for this important crop in Brazilian agricultural production.

Keywords: Cultivar. Cover crops. Straw management. Weeds. Fertilizing.

INTRODUÇÃO

O arroz é alimento básico que faz parte da dieta de metade da população mundial. A maior parte desse cereal é cultivado no sistema irrigado por inundação controlada. No entanto, o aumento do consumo industrial e humano por água tem causado

redução da disponibilidade dos recursos hídricos para irrigação dessa cultura, exigindo, com isso, a busca por alternativas que possibilitem a produção de arroz com maior economia de água.

Como opção, tem-se a produção do arroz em condições aeróbicas, denominado

ecossistema de terras altas, que pode ser cultivado no sistema irrigado por aspersão ou no sistema de sequeiro. Dentre estes, predomina o cultivo do arroz no sistema de sequeiro, onde, nas condições de Cerrado, normalmente está sujeito à distribuição irregular de chuvas, que ocasiona déficit de

¹Eng. Agrônomo, Pesq. D.Sc., EMBRAPA Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, mabio.lacerda@embrapa.br

²Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EMBRAPA Arroz e Feijão/Bolsista CNPq, Santo Antônio de Goiás, GO, adriano.nascente@embrapa.br



água nas plantas e constantes frustrações de safra. Os efeitos são mais prejudiciais quando ocorre veranico na fase reprodutiva, que é o período de desenvolvimento da planta mais sensível à deficiência hídrica. Assim, é necessário o desenvolvimento de tecnologias que favoreçam a maior conservação da umidade do solo, a fim de atenuar os efeitos dessa distribuição irregular das chuvas.

Tradicionalmente, a cultura do arroz de terras altas era utilizada para abertura de áreas para agricultura, sendo cultivada por esse motivo no sistema plantio convencional, em que o preparo do solo era realizado com arações e gradagens (KLUTKOUSKI et al., 2000). Esse sistema pode trazer consequências graves ao ambiente como a erosão do solo e o assoreamento dos rios. Neste sentido, tem-se o Sistema Plantio Direto (SPD), em que pela manutenção de palha na superfície do solo, ocorre aumento na infiltração e armazenamento da água, proteção do solo contra a erosão, bem como redução de sua evaporação em relação ao plantio convencional.

A cultura do arroz de terras altas não está tendo bom desenvolvimento no SPD, sendo observado, frequentemente, menor produtividade de grãos em relação ao cultivo no plantio convencional. Pelos resultados de pesquisas foi possível estimar que as principais causas para esse decréscimo foram a compactação do solo e os baixos teores de amônio no solo, no início do desenvolvimento da cultura. No SPD, por causa do trânsito de máquinas e implementos agrícolas e a utilização de culturas com baixa produção de palha e sistema radicular pouco agressivo, pode ocorrer redução da macroporosidade. A planta de arroz, além de ser mais exigente em água do que outras culturas, como a soja e o milho, tem sistema radicular muito sensível à compactação, e, dessa forma, menor capacidade de explorar o perfil de solos adensados. Assim, a planta com o sistema radicular menos desenvolvido fica mais sujeita aos efeitos do veranico,

os quais podem afetar significativamente a produtividade de grãos da cultura (GUIMARÃES; STONE; SILVA; 2016). Adicionalmente, constata-se que o arroz por ter origem em ambiente inundado, reduzido e com predominância de amônio, em condições de terras altas (condições aeróbicas), desenvolve-se melhor em ambientes com maiores teores de amônio em relação ao nitrato no início de seu desenvolvimento. Entretanto, no SPD, pelo maior armazenamento e conservação de umidade, teor de nutrientes e matéria orgânica (MO) no solo, ocorre maior desenvolvimento das bactérias nitrificadoras, proporcionando maior disponibilidade de nitrato no solo do que no plantio convencional.

Apesar desses problemas, cresce a necessidade de desenvolver tecnologias para obtenção de maiores produtividades do arroz de terras altas no SPD, visando à sustentabilidade da cultura, uma vez que, nessas áreas, as principais culturas comerciais são milho e soja; e os agricultores não estão dispostos a revolver o solo para cultivar o arroz. Além disso, no Brasil, são cultivados mais de 500 mil de hectares com a cultura de arroz de terras altas, com produção de mais de 1 milhão de toneladas de grãos, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, 2018). Embora

essa cultura tenha sofrido perda substancial, tanto em área cultivada, como em produção nas últimas décadas (Gráfico 1), ainda é uma importante cultura para regular o mercado interno de arroz, principalmente na Região Central do Brasil (FERREIRA et al., 2015).

Assim, o uso de plantas de cobertura no SPD pode ser importante ferramenta para viabilizar o arroz nesse sistema. As plantas de cobertura podem ser utilizadas para romper camadas compactadas e sua palha contribui para reduzir a evaporação de água e conservar a umidade do solo por mais tempo, aumentar a ciclagem de nutrientes e MO do solo, alterar o balanço nitrato/amônio e, portanto, propiciar melhores condições para o desenvolvimento das plantas de arroz (NASCENTE et al., 2013).

Trabalhos recentes de pesquisa demonstraram que, se utilizarem as técnicas adequadas, altas produtividades do arroz de terras altas no SPD são obtidas, superando 5.000 kg/ha (NASCENTE et al., 2014), o que pode ser um atrativo para que os produtores utilizem tal sistema como opção, na rotação com soja e milho.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar as principais técnicas de cultivo de arroz de terras altas no SPD, apresentando os últimos resultados de pesquisa para essa importante cultura na produção agropecuária brasileira.

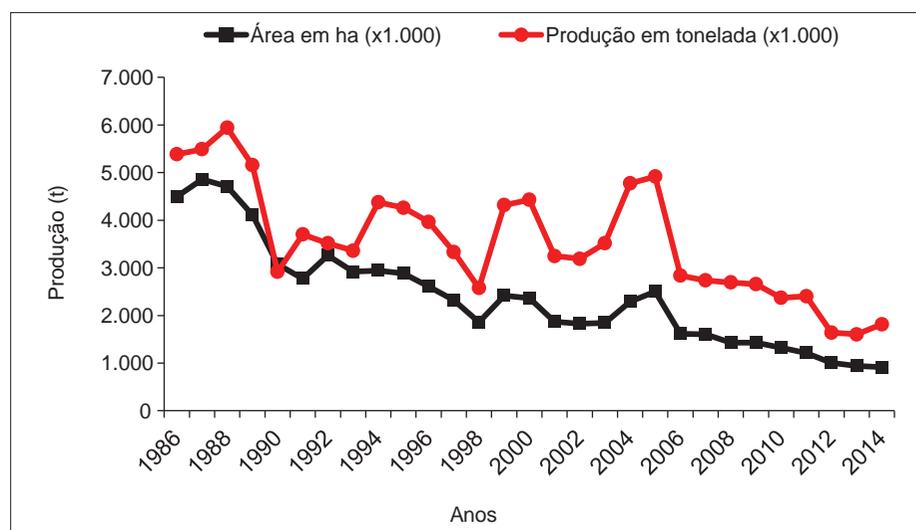


Gráfico 1 - Evolução de área cultivada e de produção de arroz de terras altas no Brasil
Fonte: Embrapa Arroz e Feijão (2015).

USO DE PLANTAS DE COBERTURA E MANEJO DA PALHA

A formação de camada de palha na superfície do solo, antes da implantação da cultura principal, é requisito fundamental no SPD. Entretanto, os resíduos produzidos pelas culturas comerciais geralmente são insuficientes para boa cobertura do solo. Dessa forma, é necessário introduzir plantas com potencial de produzir quantidade de matéria seca (MS), de modo que o solo permaneça coberto o maior tempo possível, para a implantação da próxima cultura de verão. A qualidade e a quantidade de palha sobre o solo são essenciais por criar um ambiente favorável ao desenvolvimento das culturas nos sistemas agrícolas, como maior conservação de umidade, incremento nos teores de MO e nutrientes e redução da erosão, o que favorece a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Isto contribui, também, para o controle de plantas daninhas, estabilização da produção e recuperação ou manutenção da qualidade do solo (NASCENTE et al., 2013). Vale ressaltar que essa conservação de água no solo é, geralmente, uma das maiores vantagens do SPD. Isso ocorre porque os restos culturais, que ficam na superfície do solo, promovem o aumento da rugosidade superficial e atuam como barreira física, reduzem a incidência de radiação solar, o que acarreta redução da perda de água por evaporação e redução na velocidade e no volume do escoamento superficial, favorecendo a infiltração e o aumento da água disponível para as plantas.

A escolha da planta de cobertura que antecede a cultura principal deve levar em consideração alguns preceitos básicos, como alta produtividade de fitomassa; lenta decomposição; habilidade em crescer em ambiente menos favorável, principalmente quanto à tolerância ao déficit hídrico; disponibilidade e qualidade das sementes; possibilidade de utilização comercial; potencial de essas plantas não serem hospedeiras de pragas e doenças; adaptação à região e às condições do solo; alta

capacidade de extrair nutrientes do solo que favoreçam a ciclagem de nutrientes do sistema (SILVEIRA; STONE; 2010).

As culturas de cobertura como *Urochloa ruziziensis* (PACHECO et al., 2011), milho (NASCENTE et al., 2016), guandu (CAZETTA et al., 2008) são opções recomendadas para cultivo prévio à semeadura do arroz de terras altas, no SPD. Dentre estas destaca-se o milho, como recomendado por diversos autores (CAZETTA et al., 2008; MORO et al., 2013; NASCENTE et al., 2013, 2016). Esses autores atribuíram maior produtividade do arroz sobre a palha de milho, por essa cobertura ter rápida degradação e liberação de nutrientes para as plantas de arroz. Assim, constata-se que a utilização de plantas de cobertura pode proporcionar aumento de produtividade do arroz, além de melhorar as condições do solo.

A garantia de bons resultados do arroz, em sucessão às plantas utilizadas para cobertura do solo em SPD, depende também do manejo dispensado a essas espécies, a fim de transformá-las em palha. O adequado controle químico das plantas de cobertura é uma das práticas de maior importância, que visam à alta produtividade de grãos (NASCENTE et al., 2013). O controle dessas plantas de cobertura antes da semeadura é realizado, normalmente, com o herbicida glifosato.

Uma das formas de utilizar o glifosato é no sistema aplique-plante, em que ocorre a semeadura da cultura e aplicação do herbicida no mesmo dia. Entretanto, pela natureza sistêmica desse herbicida, o efeito sobre as plantas é lento e a cobertura demora alguns dias para morrer completamente. Dessa forma, quando há dessecação de grande volume de cobertura vegetal no momento da semeadura, a presença das plantas ainda eretas e não completamente dessecadas ou da palha destas pode dificultar a operação de semeadura, causando embuchamento da máquina ou prejudicando o corte da palha. Essa situação pode também causar, após a semeadura, sombreamento inicial, estiolamento e amarelecimento das

plântulas, redução no desenvolvimento, maior suscetibilidade à competição com as plantas daninhas e diminuição na produtividade de grãos do arroz.

Dessa forma, a época de dessecação das plantas de cobertura também merece destaque, pois pode afetar o desenvolvimento inicial das plântulas e alterar as formas de N do solo, com variações consideráveis nas concentrações de nitrato e amônio. Os teores de amônio no solo foram maiores, quando as dessecações das plantas de cobertura foram realizadas com 20 dias ou mais, antes da semeadura do arroz, provavelmente pela liberação dos nutrientes, dentre estes compostos nitrogenados da palha para o solo, logo após a dessecação (NASCENTE; CRUSCIOL; STONE, 2014). Isso ocorre porque, logo após a dessecação, começa a degradação da palha e liberação de nutrientes, e estes poderão estar disponíveis para a cultura sucedânea se essa dessecação for realizada antecipadamente em relação à semeadura da cultura principal (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006). Plantas dessecadas no dia da semeadura da cultura demoram mais tempo para liberar os nutrientes (PACHECO et al., 2011). Além disso, durante a degradação da palha, o amônio é o primeiro composto nitrogenado a ser liberado para o solo para depois ser transformado em nitrato. Caso haja liberação constante e em grandes quantidades desse composto, é provável que ocorra aumento de seus teores no solo, o que pode beneficiar o desenvolvimento das plantas de arroz. De acordo com Nascente et al. (2013), o cultivo de milho como planta de cobertura, antecedendo o cultivo do arroz de terras altas no SPD, proporcionou incrementos significativos nos teores de amônio no solo.

A planta de arroz, por ser de origem de ambiente inundado, requer maiores quantidades de amônio do que a maioria das outras culturas no início de seu desenvolvimento (MORO et al., 2013). De acordo com Malavolta (1980), isso ocorre porque as plantas de arroz no início de seu desenvolvimento apresentam baixa



atividade da enzima nitrato redutase, que transforma o amônio em nitrato para ser assimilado pelas cadeias proteicas da planta. Esse autor relata que o arroz de terras altas, nas duas ou três primeiras semanas de vida, quando cultivado em solução que contenha $N-NO_3^-$, desenvolveu-se muito pouco, apresentando sintomas típicos de deficiência de N, o que não acontece quando a fonte é o $N-NH_4^+$. Após esse período, a planta começou a se desenvolver e suas folhas, antes amareladas, pela deficiência de N, tornaram-se verdes, o que indica síntese e funcionamento da redutase do nitrato. Adicionalmente, observou-se que a quantidade de nitrato no solo foi bem superior à de amônio em quase todas as semanas. Isso é característico dos solos bem drenados, como os do Cerrado (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Assim, o uso de plantas de coberturas com capacidade de disponibilizar maiores quantidades de $N-NH_4^+$, após o seu manejo e no início do desenvolvimento da cultura, ou que propicie menor relação nitrato/amônio, pode ser estratégia interessante para inserir o arroz no ambiente do SPD.

Outra vantagem de adiantar a operação de dessecação prévia da planta de cobertura refere-se à melhor operacionalidade das máquinas e implementos na operação de semeadura da cultura do arroz. A dessecação de milho, realizada com dez dias, e de *U. ruziziensis* e *U. brizantha*, com 30 dias, antecedendo à semeadura do arroz, favoreceu as operações de semeadura, a degradação e ciclagem de nutrientes das palhas e a conservação da umidade do solo, refletindo em maiores produtividades de grãos da cultura (NASCENTE; CRUCIOL; STONE, 2014).

SOLO E CLIMA

O arroz de terras altas é encontrado em praticamente todos os Estados brasileiros. No entanto, é predominante em áreas de Cerrado e, em menor extensão, sob influência amazônica. Os solos do Cerrado possuem, de maneira geral, elevada acidez, baixa capacidade de troca de cátions (CTC)

e de retenção de umidade, baixa fertilidade natural, traduzida pela deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de P, associada a teores elevados de alumínio (Al). Esses fatores limitam o crescimento das raízes aos primeiros centímetros do solo, na maioria das vezes a menos de 10 cm. Em consequência, ocorre redução do volume de solo explorado pelas raízes, impossibilitando que as plantas desenvolvam todo seu potencial produtivo, além de ficarem mais sujeitas aos estresses causados pela deficiência de chuva.

Como aspectos positivos dos solos dos Cerrados, destacam-se:

- facilidade de mecanização, correção e construção da fertilidade;
- possibilidade de irrigação;
- elevada profundidade, friabilidade, porosidade e boa drenagem interna dos solos.

Nesse sentido, a cultura do arroz de terras altas, desde que o solo seja corrigido nas restrições químicas e físicas, apresenta bom desenvolvimento na maioria dos solos brasileiros. Solos sem impedimentos físicos ou químicos proporcionam melhor desenvolvimento das raízes em profundidade e torna a planta de arroz menos suscetível a estresses por déficit hídrico. De acordo com Nascente et al. (2016) e Pacheco et al. (2011), as plantas de cobertura proporcionaram alterações significativas nos teores de nutrientes do solo que podem beneficiar o desenvolvimento das plantas de arroz. O desenvolvimento de plantas de cobertura com grande produção de biomassa de raízes, como as forrageiras perenes e o milho, contribui significativamente para a redução da compactação do solo e para a melhoria de suas características físicas.

Nesse sentido, tem-se utilizado no equipamento de semeadura direta a inclusão de haste metálica, também chamada botinha, logo atrás dos discos de corte, a fim de proporcionar um rompimento de eventuais camadas compactadas do solo. Entretanto, nessas operações, recomenda-se cuidado no controle de cupins (FERREIRA et al., 2007), pois com a utilização dessa

haste, criam-se condições que facilitam a movimentação desses insetos no solo. Outra prática recomendada na semeadura do arroz no SPD é a utilização de compactação da linha de plantio, logo após a semeadura, para aumentar o contato entre o solo e a semente, principalmente em locais com maiores teores de palha (PINHEIRO; STONE; BARRIGOSI, 2016).

Quanto à época de plantio, levando-se em consideração a distribuição de chuvas e para diminuir os efeitos negativos decorrentes da redução da pluviosidade, torna-se necessário semear em períodos em que a fase de florescimento-enchimento de grãos coincida com maior índice pluviométrico. Para isso, o estudo sobre o balanço hídrico do solo especificará os períodos de maior e menor quantidade de chuva, oferecendo, dessa forma, subsídios para a caracterização do zoneamento de risco climático. Assim, a época de plantio pode variar de acordo com a localidade e o regime pluviométrico da região. Geralmente realiza-se o plantio no início do período chuvoso. No site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) existe uma lista com todas as janelas de plantio para cada localidade e tipo de reserva de água no solo para todas as regiões brasileiras (BRASIL, 2018).

Outro ponto que deve ser considerado sobre a época de semeadura para o cultivo de arroz de terras altas em SPD é quanto à sua implantação em locais onde possam ocorrer baixas temperaturas. Nas épocas recomendadas pelo MAPA para a semeadura do arroz no Brasil, em princípio, não ocorre influência negativa acentuada das baixas temperaturas, pois as recomendações levam em consideração o zoneamento climático regional. Na maioria das localidades, a temperatura média das mínimas nos meses de janeiro e fevereiro, período que geralmente coincide com a fase reprodutiva da cultura, é superior a 17 °C. Entretanto, nas localidades de maior altitude, é possível que haja alguma influência dessa variável, principalmente se ocorrerem temperaturas abaixo de 15 °C, em fases críticas da cultura. Dessa maneira, semeadura fora da época



recomendada, principalmente em sistemas irrigados, deve-se levar em consideração a ocorrência de baixas temperaturas de modo que não haja redução significativa na produtividade, pelo excesso de esterilidade das panículas.

Para o arroz de terras altas, particularmente na região dos Cerrados, a deficiência hídrica é a principal responsável pela baixa produtividade e instabilidade da produção. Tal deficiência é causada pela ocorrência de estiagens prolongadas, veranicos, associada aos baixos níveis de fertilidade e compactação de solo no SPD (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006). O zoneamento agroclimático vem sendo considerado uma importante ferramenta para minimizar esse problema, pela identificação das regiões e/ou épocas de semeadura com menores riscos de ocorrência de deficiência hídrica (HEINEMANN, et al., 2015).

MANEJO DA ADUBAÇÃO

O uso de adubação adequada constitui um fator importante para o aumento da produtividade. Para melhor aproveitamento da cultura do arroz, os fertilizantes merecem atenção especial. Os solos do Cerrado, além de baixos valores de pH (solos ácidos), apresentam baixa fertilidade natural, com limitações na quantidade dos nutrientes N, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e zinco (Zn). Entre os nutrientes essenciais, o N, o P e o K são os que a planta necessita em maior quantidade (FAGERIA, 2013).

A cultura de arroz tolera satisfatoriamente solos com baixo valor de pH (entre 5 e 5,5) (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006; FAGERIA, 2013). No entanto, a maioria dos solos sob SPD são corrigidos para valores de pH mais elevados, sendo que para alguns o pH pode chegar a patamares acima de 6,0, principalmente em áreas de produção de soja, onde a saturação por bases saturação por bases deve ser alta para o bom desenvolvimento dessa leguminosa. Embora o arroz se desenvolva bem em solos com valores mais elevados de pH, o agricultor deve-se atentar para o risco de deficiência de micro-

nutrientes, que ficam menos disponíveis de acordo com o aumento do pH do solo.

Nitrogênio

O N é um dos principais nutrientes para atingir altas produtividades de arroz na maioria dos solos brasileiros. Seu papel na produtividade de grãos de arroz está associado com o aumento da fotossíntese, que influenciará diretamente os componentes de produção tais como número de panículas/m² e massa de grãos/panícula. Além disso, a fertilização com esse nutriente melhora o desenvolvimento das raízes e, consequentemente, a absorção de água e de nutrientes. Por ser móvel nas plantas, o sintoma de deficiência surge primeiramente nas folhas mais velhas, o que causa um amarelecimento típico. Além disso, ocorre redução de altura da planta, perfilhamento e área foliar.

O suprimento de N às plantas, no SPD, comparativamente ao convencional, deve ser superior em razão da menor velocidade de decomposição dos restos culturais, aumento da taxa de volatilização de amônia e maior imobilização microbiana (CAZETTA et al., 2008).

A recomendação de N para o arroz de terras altas deverá seguir os preceitos de amostragem de solo, basicamente sobre o teor de MO, cultura anterior, massa de MS na superfície do solo e nível tecnológico empregado pelo agricultor. Se

houver mais de 5 t/ha de MS de planta de cobertura, recomenda-se aumentar a dose de N em 50%, no momento da semeadura do arroz. Apesar de algumas cultivares de arroz responderem de forma diferenciada à adubação nitrogenada (Gráfico 2), durante todo o ciclo da cultura, pode-se utilizar entre 75 e 100 kg/ha de N de acordo com a quantidade de MO do solo. Quanto maior o teor de MO, menor a quantidade de N requerida na adubação de cobertura. Além disso, se o arroz é semeado após a soja, pode haver redução de até 30 kg/ha de N na quantidade recomendada.

A época de aplicação também varia de acordo com o total exigido pela cultura. O N pode ser aplicado na semeadura ou pode ser dividido em duas ou até três aplicações durante o ciclo de crescimento da cultura. No entanto, os resultados mais adequados ou econômicos têm sido demonstrados quando metade do N exigido é aplicado na semeadura e a metade restante, na fase de perfilhamento do arroz. Essa antecipação da adubação nitrogenada reduz o ataque de brusone (*Pyricularia grisea*), diminui os sintomas de deficiência de N em locais com grande quantidade de palha sobre o solo, além de proporcionar bons rendimentos à lavoura de arroz. Pinheiro et al. (2016), ao anteciparem a aplicação de todo o N, no momento da semeadura do arroz em SPD, obtiveram maior produtividade (3.678 kg/ha),

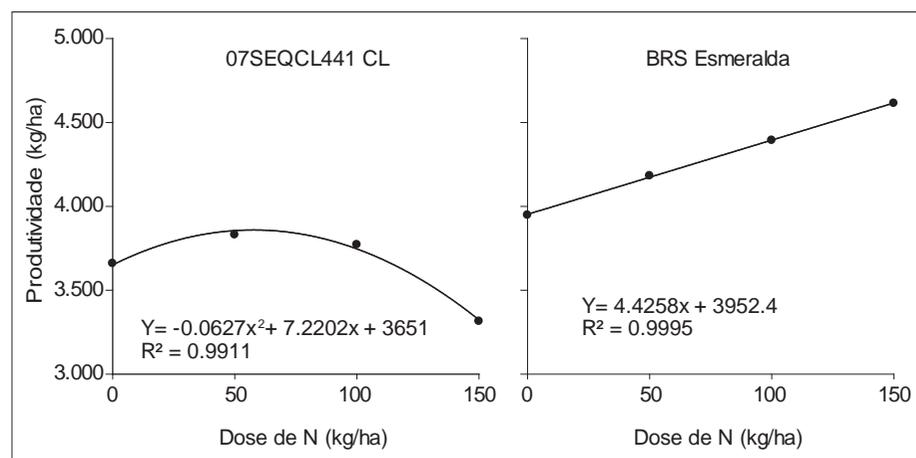


Gráfico 2 - Produtividade dos genótipos de arroz de terras altas em Sistema Plantio Direto (SPD) em função de doses de N, nas safras 2012/2013 e 2013/2014 – Santo Antônio de Goiás, GO

quando comparado à aplicação da mesma quantidade de N aos 20 dias após a emergência (DAE) da cultura (3.446 kg/ha), na média geral, utilizando cinco cultivares nesse sistema de semeadura.

Essa prática de antecipação de todo o N, no momento da semeadura, deve ser realizada com cautela em solos arenosos e/ou com pouca MO no solo, ou em locais com alta precipitação pluviométrica. Nesse caso, melhor seria parcelar a adubação nitrogenada, dividindo a quantidade a ser aplicada entre o início do perfilhamento (cerca de 20 DAE da cultura) e o início da diferenciação floral (até 60 DAE da cultura). Outra opção seria a aplicação de todo o N em cobertura, na época do perfilhamento ativo (aproximadamente 40 DAE da cultura). Nesses casos, deve-se atentar para o ataque da brusone em cultivares suscetíveis a esse patógeno, pois pode haver maior probabilidade de ocorrência da doença após adubações com grande quantidade de N nesse período.

Fósforo e potássio

A recomendação desses dois nutrientes está sintetizada nas Tabelas 1 e 2.

Há maior rendimento de arroz de terras altas, quando boas práticas de gestão de P são adotadas. Essas práticas incluem a aplicação de quantidade adequada, fonte apropriada, métodos e épocas de aplicação. A taxa adequada de P deverá ser determinada com base na análise do solo. Por ser nutriente com baixa mobilidade no solo, o P deve ser aplicado, preferencialmente, no sulco próximo às sementes, de modo que haja maior interceptação pelas raízes e menor fixação desse nutriente em solos ácidos. Por ser um elemento móvel na planta, a deficiência aparece primeiramente nas folhas velhas. Essas folhas ficam estreitas e com uma coloração bronze nas pontas. Baixo perfilhamento, maturação atrasada e alta porcentagem de grãos chochos.

O K desempenha um papel importante em muitos processos fisiológicos e bioquímicos das plantas. É igualmente responsável pela redução de doenças e melhora do crescimento da raiz. O K é altamente móvel

Tabela 1 - Adubação de base para arroz de sequeiro – fósforo (P)

P no solo (mg/dm ³)	Interpretação	^(A) Recomendação (kg/ha de P ₂ O ₅ /ha)
< 3,0	Baixo	70
3,1 a 6,0	Médio	60
6,1 a 9,0	Alto	50
> 9,0	Muito alto	40

Fonte: (A) Santos, Stone e Vieira (2006).

Tabela 2 - Adubação de base para arroz de sequeiro – potássio (K)

K no solo (mg/dm ³)	Interpretação	^(A) Recomendação (kg/ha de K ₂ O)
< 31	Baixo	70
31 a 60	Médio	45
> 60	Alto	20

Fonte: (A) Paula, Barbosa Filho e Carvalho (1999).

nas plantas, daí sintomas de deficiência aparecem inicialmente nas folhas mais velhas. Inicialmente, aparece uma clorose na ponta das folhas mais velhas. À medida que esta clorose desenvolve-se, o tecido necrótico toma uma forma parecida com a da letra V invertida, partindo da ponta para as margens da folha. Quando o teor de K é maior de 50 mg/kg, recomenda-se a aplicação de 50 kg de K₂O/ha, como adubação de manutenção.

Micronutrientes

Com relação aos micronutrientes, a deficiência de Zn é a mais comumente observada em arroz de terras altas e pode ser suprida com a aplicação de 5 a 10 kg/ha de Zn (FAGERIA, 2013). Em solos onde o pH é mais alto (acima de 6), pode haver indisponibilidade de micronutrientes para a cultura do arroz, dentre esses ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu), principalmente quando em rotação com soja. Ainda não há recomendações claras para suprir a deficiência desses micronutrientes, mas alguns agricultores têm utilizado adubações foliares para contornar esse problema, sendo os resultados pouco confirmados (BARBOSA FILHO et al., 2008).

Outros nutrientes

A deficiência de enxofre (S) também tem sido relatada para a cultura de arroz de terras altas, mas esse elemento pode ser su-

prido pela utilização do sulfato de amônio, como fonte de N na adubação de cobertura.

CULTIVARES

A escolha da cultivar é determinante do sucesso da lavoura de arroz que influencia, indiretamente, todo o manejo a ser adotado. Novas cultivares de arroz de terras altas foram desenvolvidas por empresas de pesquisa, que procuram incorporar as características para proporcionar maior produtividade, com alta qualidade de grãos e a um menor custo de produção, principalmente pela maior resistência a doenças. Dentre as características incorporadas, destaca-se a adaptabilidade da cultura ao SPD. Dessa maneira, no momento de escolher a cultivar de arroz, é necessário analisar suas características, para otimizar seu uso dentro do sistema agrícola desejado. As principais características de uma cultivar de arroz são: ciclo, altura de planta, resistência às doenças, qualidade de grãos do produto e produtividade.

A produtividade é o resultado do desempenho da cultivar nas condições que lhe foram oferecidas na lavoura. Portanto, para a escolha da cultivar, é mais importante verificar sua adaptação à região e ao sistema de manejo do que o seu suposto potencial produtivo absoluto.

Um dos fatores de manejo que se relacionam diretamente com a produtividade da



cultura de arroz é o espaçamento entre as linhas de cultivo (ARF et al., 2015). Sabe-se que espaçamentos menores entrelinhas proporcionam maior produtividade por área, pois a planta do arroz consegue compensar em número de panículas por metro, característica essa que determina o rendimento da lavoura (Tabela 3). Portanto, desde que o equipamento de semeadura permita reduzir o espaçamento entrelinhas, recomenda-se a utilização de espaçamentos menores (mínimo de 25 cm entrelinhas), por aumentar a produtividade do arroz em SPD.

A qualidade de grão é preocupação constante da cadeia produtiva do arroz e está ligada à mudança da preferência do consumidor para grãos longos e finos. Essa é uma característica que já é observada nos programas de melhoramento, conforme Tabelas 4 e 5.

Cultivares mais eficientes na absorção de nutrientes e com sistema radicular mais profundo, que confere maior tolerância a déficits hídricos, são interessantes para minimizar os principais problemas no cultivo de arroz em muitos ambientes de produção. Vale ressaltar que isso não depende apenas da cultivar, mas também de um bom perfil do solo corrigido e adubado, que permite que as raízes possam ter seu pleno desenvolvimento e explorem um volume maior de solo, principalmente em profundidade. Isso é demonstrado na Figura 1 de uma lavoura de arroz de terras altas no SPD, em solo sob Integração Lavoura-Pecuária (ILP), cujo teor de MO situa-se acima de 3% na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

As principais características das cultivares de terras altas desenvolvidas pela Empresa Agro Norte Pesquisa e Sementes estão descritas na Tabela 4.

Cultivares de terras altas desenvolvidas pela Embrapa

Na Tabela 5 estão apresentadas as principais características das cultivares de terras altas da Embrapa.

‘BRS Esmeralda’

Destaca-se pela alta produtividade e qualidade de grãos com potencial produ-

Tabela 3 - Número de panículas/m² e produtividade de grãos dos genótipos de arroz de terras altas BRS Esmeralda e linhagem 07SEQCL441 CL em SPD em função do espaçamento entrelinhas, nas safras 2012/2013 e 2013/2014 - Santo Antônio de Goiás, GO

Espaçamento entrelinhas	BRS Esmeralda		07SEQCL441 CL	
	Panículas/m ² (n ^o)	Produtividade de grãos (kg/ha)	Panículas/m ² (n ^o)	Produtividades de grãos (kg/ha)
0.225 m	314 a	4697 a	364 a	4129 a
0.35 m	265 b	4215 b	310 b	3431 b
0.45 m	241 bc	3961 c	274 c	3374 b

Fonte: Lacerda e Nascente (2016).

Nota: Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste Tukey, p≤0.05. SPD - Sistema Plantio Direto.



Figura 1 - Desenvolvimento das raízes de arroz de terras altas no Sistema Plantio Direto (SPD), em solo sob Integração Lavoura-Pecuária (ILP)

vo. É moderadamente resistente às principais doenças e possui uma maior tolerância ao estresse hídrico e bom stay green (cachos maduros e colmos fortes e flexíveis), diminuindo o risco de acamamento.

‘BRSGO Serra Dourada’

Especialmente desenvolvida para sistemas agrícolas com uso menos intenso de tecnologias e em pequenas propriedades. Fruto de uma parceria entre Embrapa, Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (Emater) e Universidade Federal de Goiânia (UFG), destaca-se pela qualidade de grãos e moderada resistência à brusone.

‘BRS Monarca’

Destaca-se pela elevada qualidade dos grãos, tipo longo-fino, muito semelhantes aos grãos da ‘BRS Primavera’, porém ainda mais translúcidos. De forma particular, a ‘BRS Monarca’ caracteriza-se por apresentar folhas longas e largas, o que confere uma boa competitividade com plantas daninhas em função da rápida capacidade de cobertura do solo. Cultivar com boa adaptação ao SPD.

‘BRS Sertaneja’

Caracteriza-se por possuir plantas vigorosas, de porte médio e moderadamente perfilhadora. Apresenta moderada resistên-

Tabela 4 - Cultivares de arroz de terras altas recomendadas pela AGRO NORTE Pesquisa e Sementes

Características das cultivares	Cultivar		
	AN Cambará	ANa 5015	ANa 6005
Potencial produtivo (kg/ha)	5.500	5.000	6.000
Porte	Médio	Médio	Médio
Espaçamento de plantio	17 a 25 cm	25 a 45 cm	17 a 45 cm
Peso de 1.000 grãos	24,5 g	28 g	27,28 g
População	1.800.000	1.800.000	1.800.000
Ciclo	105 dias	92 dias	108 dias
Florescimento	75 dias	63 dias	78 dias
Umidade de colheita	18-20%	20-22%	20-22%
Classes de grãos	Longo fino	Longo fino	Longo fino
Rendimento de inteiros	56%	59%	61%
Resistência ao acamamento	MR	MR	MR
Brusone foliar	MR	MR	MR
Brusone de pescoço	MS	MR	MR
Escaldadura	MR	MR	MR
Complexo de manchas foliares	MR	MR	MR
Mancha-de-grãos	MR	MR	MR

Fonte: AGRO NORTE Pesquisa e Sementes (2018).

Nota: MR - Moderadamente resistente; MS - Moderadamente suscetível.

cia à mancha-parda (*Drechslera oryzae* e *Bipolaris oryzae*), escaldadura (*Gerlachia oryzae*) e mancha-de-grãos (*Drechslera oryzae*, *Bipolaris* sp., *Pyricularia grisea*, *Alternaria padwickii*, *Phoma* sp., *Nigrospora* spp., *Epicoccum* spp., *Curvularia lunata* e *Fusarium* sp.). Suas panículas são longas, com elevado número de grãos. O rendimento de inteiros no beneficiamento é alto e estável, com grãos beneficiados translúcidos.

‘BRS Pepita’

A ‘BRS Pepita’ consiste em uma opção de cultivar precoce para o produtor especializado na produção de arroz de terras altas. Nos ensaios realizados, apresentou produtividade média de 3.750 kg/ha. Apresenta moderada resistência ao acamamento, à mancha-parda e à brusone. Apresenta resistência à mancha-de-grãos.

‘BRS Bonança’

Cultivar de arroz recomendada para plantio em sistema de terras altas, em condições favorecidas. Pode ser também plantada no sistema tradicional, em solos de média a alta fertilidade, em regiões onde não ocorra

Tabela 5 - Cultivares de arroz de terras altas recomendadas pela Embrapa

Características das cultivares	Cultivar					
	BRS Esmeralda	BRSGO Serra Dourada	BRS Sertaneja	BRS Pepita	⁽¹⁾ BRS A 501 CL	BRS Primavera
Potencial produtivo (kg/ha)	9.206	6.001	7.898	4.862	8.158	3.996
Espaçamento de plantio (cm)	25 a 35	25 a 30	25 a 35	25 a 35	25 a 35	25 a 35
Sementes viáveis (kg/ha)	70	70	70	70	70	70
Ciclo (dias)	110	107	110	102	110	105
Classes de grãos	Longo fino	Longo fino	Longo fino	Longo fino	Longo fino	Longo fino
Rendimento de inteiros (%)	62	57	57	52	68	52
Massa de 1.000 grãos (g)	27,8	27,8	26,7	23,7	27,1	23,9
Resistência ao acamamento	I	I	S	S	S	S
Brusone foliar	S	S	M	M	M	S
Brusone de pescoço	M	M	S	M	M	S
Mancha-parda	M	M	M	M	M	MR
Mancha-de-grãos	M	M	M	R	M	MR

Fonte: Embrapa Arroz e Feijão (2018).

Nota: I - Intermediário; S - Suscetível; M - Moderadamente Resistente; R - Resistente.

(1)Cultivar de arroz de terras altas com a tecnologia Clearfield® (CL), com tolerância ao herbicida Kifix® (Imazapir 525 g/kg + Imazapique 175 g/kg), com boa adaptação ao Sistema Plantio Direto (SPD) e indicada para áreas com problemas de plantas daninhas ou em consórcio com forrageiras, visando à recuperação de pastagens degradadas. Obs.: O herbicida kifix é recomendado apenas para a cultivar com a tecnologia Clearfield® e não pode ser utilizado, em hipótese nenhuma, para manejo de plantas daninhas em culturas não CL.



deficiência hídrica grave. A planta é resistente ao acamamento, apresenta folhas eretas, alta capacidade de perfilhamento e porte baixo.

‘BRS Primavera’

Indicada para plantio em áreas pouco ou moderadamente férteis, pela tendência ao acamamento em condições de alta fertilidade. Pode também ser plantada em solos férteis, com aplicação moderada de fertilizantes. É uma cultivar com excelente qualidade culinária. A produtividade da ‘BRS Primavera’ é estável e elevada em variadas condições de cultivo.

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

A planta de arroz no SPD apresenta crescimento inicial mais lento do que no plantio convencional, o que faz com que a cultura fique mais sujeita à competição com as plantas daninhas. Além disso, a cultura do arroz de terras altas, em geral, já possui baixa capacidade de competição com plantas daninhas, principalmente se forem utilizados espaçamentos mais amplos entre as linhas de semeadura (COBUCCI; RABELO; SILVA, 2001). Isso constitui um dos principais problemas para a introdução dessa cultura nos sistemas agrícolas atuais e várias técnicas devem ser observadas para amenizar esse tipo de interferência das plantas daninhas na cultura do arroz. Controlar essas plantas significa favorecer o desenvolvimento das plantas de arroz e desfavorecer as plantas daninhas com o objetivo de evitar perdas de produção pela competição.

A associação de métodos de controle deve ser utilizada sempre que possível, porém, é conveniente que a estratégia de controle esteja adequada às condições locais de infraestrutura, disponibilidade de mão de obra, implementos e análise de custos. Isto implica no emprego de vários métodos de controle: preventivo, cultural, físico ou mecânico, biológico e químico (COBUCCI; RABELO; SILVA, 2001). O emprego de um método isoladamente ou em combinação com outros depende de fatores como hábito e número de espécies de plantas daninhas presentes na área, densidade populacional,

condições do ambiente, estágio de desenvolvimento da cultura e custos operacionais para a adoção do método ou métodos escolhidos.

Outro método importante para prevenir a disseminação de sementes de plantas daninhas é a limpeza das máquinas e dos implementos agrícolas após o trabalho em áreas infestadas. O roguing ou arranquio das plantas daninhas, que escapam aos métodos de controle utilizados, é prática importante também para reduzir o banco de sementes destas no solo.

O controle químico pelo emprego de herbicidas é um dos métodos mais utilizados para o controle de plantas daninhas na cultura do arroz, por causa da praticidade e eficiência. Os herbicidas registrados para a cultura do arroz no Brasil são: 2,4-D, bentazona, cialofop-butílico, clomazona, dicloreto de paraquate, fenoxaprop-P-etílico, glifosato, imazapique + imazapir, imazapique + imazetapir, metsulfurom-metílico, orthosulfamuron, oxadiazona, paraquat, pendimetalin, penoxulam, profoxidim, propanil e saflufenacil (BRASIL, 2016). Para a escolha do herbicida devem-se considerar as espécies infestantes na área, a época quando se pretende fazer as aplicações, as características físico-químicas do solo, o tipo de preparo de solo, a disponibilidade do produto no mercado e o custo. Além disso, deve ser observado que o arroz faz parte de um sistema de rotação de culturas e alguns herbicidas podem deixar resíduo no solo, o qual interfere no desenvolvimento da cultura subsequente (MANCUSO; NEGRI-SOLI; PERIM, 2011). Portanto, é importante verificar a bula dos herbicidas e observar as ressalvas de utilização nos esquemas de rotação propostos. O período de interferência de plantas daninhas na cultura do arroz vai até os 30 DAE. Dessa maneira, deve-se ficar atento ao aparecimento de espécies daninhas nesse período. Recomenda-se a utilização de herbicidas seletivos pós-emergentes e a aplicação de acordo com o tipo de planta presente, identificadas como folhas largas ou estreitas. Deve-se consultar um engenheiro agrônomo para a prescrição correta dos produtos aqui indicados.

Uma das perspectivas para o manejo de plantas daninhas em arroz é a tecnologia Clearfield®, já existente no sistema de arroz

irrigado, mas que pode tornar-se importante ferramenta, se houver cultivares de arroz de terras altas tolerantes aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Tal herbicida possui amplo espectro de ação e tornar-se um excelente aliado para o controle de plantas daninhas na cultura de arroz de terras altas em SPD.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais benefícios da prática de adoção do SPD estão no incremento dos teores de MO, da atividade biológica e da estruturação do solo, além da maior conservação da umidade, redução da infestação de plantas daninhas e da erosão. Além disso, o SPD proporciona aumento da fertilidade do solo por meio da degradação e liberação de nutrientes pela palha das plantas de cobertura. Dessa forma, é necessário fazer a rotação de culturas com a inclusão de plantas de cobertura com sistema radicular agressivo, visando à redução da compactação do solo, ciclagem de nutrientes, elevação dos teores de amônio e aumento dos teores de MO. Dentre as opções de plantas de cobertura, merece destaque o milho, que proporciona incrementos significativos na produtividade de grãos da cultura. O manejo adequado dessa planta de cobertura ou de outra que o agricultor faz opção deve ser realizado com antecedência à semeadura do arroz. O manejo adequado do solo, para evitar restrições químicas e físicas ao desenvolvimento das plantas, deve ser realizado. Assim, o uso de hastas metálicas (botinhas) na semeadora para romper camadas compactadas e, com isso, o controle de cupins deve ser avaliado caso a caso. Deve-se realizar a aplicação de maiores quantidades de N na semeadura, principalmente em locais com grande volume de palha na superfície do solo, especialmente de gramíneas. Nessas condições, recomenda-se compactar o sulco de semeadura, visando maior contato da semente com o solo, respeitar o zoneamento agroclimático, utilizar variedades recomendadas para o local e realizar o controle adequado das plantas daninhas. Dessa forma, aumentam-se as chances de obter altas produtividades com a cultura e o arroz pode ser visto como mais uma opção na rotação de culturas no SPD. A tecnologia de plantio de arroz de terras altas,



em SPD, já está consolidada para algumas situações específicas, onde o teor de MO do solo ou restrições hídricas em fases críticas da cultura não sejam fatores limitantes.

REFERÊNCIAS

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: grãos - safra 2018/19 - primeiro levantamento. Brasília: CONAB, v.6, n.1, out. 2018. 125p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 5 nov. 2018.
- AGRO NORTE PESQUISA E SEMENTES. **Arroz**. Sinop, [2018]. Disponível em: <<http://www.agronorte.com.br/Produtos>>. Acesso em: 9 set. 2018.
- ARF, O. et al. Espaçamento e adubação nitrogenada afetando o desenvolvimento do arroz de terras altas sob plantio direto. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 62, n.5, p. 475-482, set./out. 2015.
- BARBOSA FILHO, M.P. et al. **Frequência de aplicação foliar de micronutrientes em arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 166).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários: planta daninha**. Brasília, [2016]. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 4 dez. 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portarias** [zoneamento agrícola de risco climático]. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/portarias/portarias>>. Acesso em: 30 abr. 2018.
- CAZETTA, D.A. et al. Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em Sistema de Plantio Direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.471-479, 2008.
- COBUCCI, T.; RABELO, R.R.; SILVA, W. da. **Manejo de plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas na região dos Cerrados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 60p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 42).
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Catálogo de cultivares de arroz: safra 2017-2018**. [Santo Antônio de Goiás], 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085232/catalogo-de-cultivares-de-arroz-safra-2017-2018>>. Acesso em: 9 set. 2018.
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de arroz (*Oryza sativa* L.) no Brasil (1986 a 2014)**: área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.
- FAGERIA N.K. **Mineral nutrition of rice**. Boca Raton: CRC, 2013. 586p.
- FERREIRA, C.M. et al. **O passado e o futuro da cadeia produtiva do arroz em Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 116p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 308).
- FERRREIRA, E. et al. Fatores influenciando o ataque de cupim rizófago em plantio direto de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.3, p.176-181, set. 2007.
- GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; SILVA, A.C. de L. Evapotranspiration and grain yield of upland rice as affected by water deficit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.5, p.441-446, May 2016.
- HEINEMANN, A.B. et al. **Zoneamento da região produtora de arroz de terras altas quanto ao impacto da deficiência hídrica**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. 8p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 223).
- KLIEMANN, H.J.; BRAZ, A.J.P.B.; SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.1, p.21-28, jan./abr. 2006.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: Integração Lavoura-Pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).
- LACERDA, M.C.; NASCENTE, A.S. Effects of row spacing and nitrogen topdressing fertilization on the yield of upland rice in a no-tillage system. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v.38, n.4, p.493-502, 2016.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MANCUSO, M.A.C.; NEGRISOLI, E.; PERIM, L. Efeito residual de herbicidas no solo ("Carryover"). **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.10, n.2, p.151-164, maio/ago. 2011.
- MORO, E. et al. Upland rice under no-tillage preceded by crops for soil cover and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.37, n.6, p.1669-1677, Nov./Dec. 2013.
- NASCENTE, A.S.; CRUSCIOL, C.A.C.; STONE, L.F. Straw degradation and nitrogen release from cover crops under no-tillage. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.2, p.166-175, abr./jun. 2014.
- NASCENTE, A.S. et al. Cover crops can affect soil attributes and yield of upland rice. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.2, p.176-184, Feb. 2016.
- NASCENTE, A.S. et al. Gypsum and phosphorus in the development of upland rice under a no-tillage system. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.50, p.3645-3654, Dec. 2014.
- NASCENTE, A.S. et al. Upland rice yield as affected by previous summer crop rotation (soybean or upland rice) and glyphosate management on cover crops. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.31, n.1, p.147-155, Jan./Mar. 2013.
- PACHECO, L.P. et al. Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, n.35, n.5, p.1787-1800, set./out. 2011.
- PAULA, M.B. de; BARBOSA FILHO, M.; CARVALHO, J.G. de. Arroz. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.281-284.
- PINHEIRO, V.; STONE, L.F.; BARRIGOSI, J.A.F. Rice grain yield as affected by subsoiling, compaction on sowing furrow and seed treatment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.5, p.395-400, May 2016.
- PINHEIRO, V. et al. Seed treatment, soil compaction and nitrogen management affect upland Rice. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.46, n.1, p.72-79, Jan./Mar. 2016.
- SANTOS, A.B. dos; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2.ed.rev. e ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000p.
- SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F. (Ed.). **Plantas de cobertura dos solos do Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 218p.



Cultivo do sorgo granífero em Sistema Plantio Direto no Cerrado

Carlos Juliano Brant Albuquerque¹

Resumo - Com a crescente demanda mundial por cereais, os grãos de sorgo representam uma alternativa para abastecimento do mercado, pela estabilidade e adaptabilidade em regiões ou pelas condições climáticas limitantes a outros cultivos. Além de todos os benefícios aos atributos físicos e químicos dos solos, o Sistema Plantio Direto (SPD) foi um dos principais fatores responsáveis pela expansão da cultura do sorgo granífero no Cerrado. Isso ocorreu principalmente pela redução dos custos para implantação e possibilidade de antecipação da semeadura em sucessão.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*. Grão. Palha. Safrinha. Sucessão. Semeadura. Adubação.

Cultivation of sorghum under no-tillage system in the Cerrado

Abstract - With the growing world demand for grain production, sorghum represents an alternative to market supply, stability, and adaptability in regions or climatic conditions limiting most cereals. In addition to all benefits to the physical and chemical attributes of the soils, the no-tillage system was one of the main factors responsible for the expansion of the sorghum crop in the Cerrado (Brazilian Savanna). This was mainly due to the reduction of costs for implantation and the possibility of anticipation of sowing in the second crop. In view of the above, this chapter will address the main agronomic aspects for the cultivation of sorghum in the Cerrado no-tillage system.

Keywords: *Sorghum bicolor*. Grain. Straw. Second crop. Succession. Seeding. Fertilizing.

INTRODUÇÃO

O sorgo é destaque em condições marginais de cultivo para maioria dos cereais. Neste caso, prevalecem os cultivos em regiões Semiáridas ou como opção de segunda safra (safrinha) em áreas do Cerrado, quando o plantio do milho é atrasado, por causa da colheita tardia da primeira safra, ou quando é necessário o replantio.

A cultura do sorgo encontra-se entre os cinco cereais mais importantes em área cultivada, além de ser boa alternativa em regiões com deficiência hídrica, e pode ser cultivado em consórcio e/ou solteiro com outras forrageiras. Essa cultura adapta-se a vários ambientes e produz razoavelmente bem sob condições desfavoráveis, e tem-se tornado uma alternativa para alimentação animal, no Brasil, e até mesmo para ali-

mentação humana, na Ásia e na África. O sorgo produz também muita palha, com elevada relação carbono/nitrogênio (C/N), característica fundamental para a prática de semeadura direta em regiões quentes, onde a lenta decomposição da palha é desejada (ALBUQUERQUE; CAMARGO; SOUZA, 2013). Isso permite menor velocidade de decomposição, protegendo o solo por mais tempo contra a erosão e reduzindo a evaporação da água, e, além disso, aumenta a eficiência da ciclagem de nutrientes (Fig. 1).

Destacam-se três fatores importantes para o desenvolvimento da área de sorgo no Cerrado (DUARTE; GARCIA; MATOSO, 2007). O primeiro foi a crescente expansão da produção de soja; o segundo, a expansão do cultivo de safras de inverno (safrinha);

e o terceiro, a expansão das áreas com uso de plantio direto. Não existe uma ordem crescente de importância, pois os três fatores estão relacionados entre si. Assim, o plantio direto gerou oportunidades para o uso de sorgo em rotação de culturas e para produção de palha de boa qualidade para proteção do solo.

O sorgo granífero é um grande componente dos sistemas de produção intensiva em áreas do Cerrado. Na Figura 2, pode-se observar o desenvolvimento da cultura em áreas de safrinha sob SPD no Cerrado, no município de Patos de Minas, MG.

Em Minas Gerais existe perspectiva de aumento na área plantada com sorgo. Os valores apresentados representam, primordialmente, regiões do Triângulo Mineiro e Noroeste de Minas, onde o

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Prof. UFMG - Instituto de Ciências Agrárias - Campus Regional de Montes Claros, Montes Claros, MG, carlosjuliano@ufmg.br





Figura 1 - Rebrotas e palha formada pelo sorgo granífero 60 dias após a colheita da safrinha – Araguari, MG



Figura 2 - Lavouras de sorgo granífero em diferentes estágios de desenvolvimento semeado na safrinha sob Sistema Plantio Direto (SPD) – Patos de Minas, MG

sorgo é utilizado como cultura de sucessão após a soja ou safrinha (Tabela 1). As instabilidades climáticas dos últimos anos têm propiciado maior incremento de áreas plantadas com esse cereal em segunda safra no Estado, pela maior estabilidade produtiva, quando comparado ao milho. Disposto de suficiente precipitação pluviométrica e com boa distribuição, o sorgo tem pouca vantagem econômica sobre o milho.

A sucessão de culturas no Sistema Plantio Direto (SPD) propiciou importantes mudanças nos sistemas de produção no Brasil, ressaltando aumento da área

com uma segunda cultura no ano agrícola (safrinha) e a expansão do SPD. Esse fato alterou a produção e a permanência da biomassa vegetal no solo, especialmente com a presença da cobertura morta nas áreas de plantio direto.

A colheita toda mecanizada (Fig. 3) possibilita que boa parte da planta fique na área, visando proteção do solo para posterior aporte de palha e matéria orgânica (MO) para os diferentes cultivos.

Em safrinhas tardias no Triângulo Mineiro, a produtividade é menor, por causa do déficit hídrico. É arriscado o uso

de híbridos de milho com alto potencial genético, bem como adubações pesadas pela baixa resposta. Essa prática pode tornar a safrinha inviável no ponto de vista econômico. Assim, todas as estratégias para cultivo na safrinha sob plantio direto devem ser bem planejadas para eficiência do sistema. Dentre as estratégias para o plantio direto do sorgo granífero na safrinha, destacam-se a época de semeadura, a escolha da área, a escolha da cultivar, a semeadura, a adubação, a nutrição e a formação de palha.

Fotos: Carlos Juliano Brant Albuquerque

Fotos: Carlos Juliano Brant Albuquerque

Tabela 1 - Produção e área colhida de sorgo

Ano	Produção (1.000 t)		Área (1.000 ha)	
	Projeção	Limite superior	Projeção	Limite superior
2015	501,85	-	177,69	-
2016	506,14	633,21	177,26	216,15
2017	528,50	676,84	184,87	233,17
2018	567,50	721,92	193,80	245,53
2019	603,42	760,97	205,28	259,33
2020	630,23	792,91	213,76	270,19
2021	649,60	821,94	221,10	281,20
2022	670,15	853,58	227,57	291,67
2023	695,16	887,39	235,24	302,94
2024	723,57	922,16	243,59	314,12
2025	751,50	955,60	252,25	325,28
Varição (%) no período	49,75	-	41,96	-
Taxa (%) média de crescimento anual	4,12	-	3,57	-

Fonte: Albuquerque (2016).



Carlos Juliano Brant Albuquerque

Figura 3 - Colheita do sorgo granífero safrinha – Uberlândia, MG

ÉPOCA DE SEMEADURA E ESCOLHA DE HÍBRIDOS

A época de semeadura é um dos principais fatores determinantes do nível tecnológico e escolha da cultura para semeadura. A semeadura deve coincidir com

boas precipitações para melhor estabelecimento da cultura. Além disso, a ocorrência de déficits hídricos, principalmente na fase de florescimento e de enchimento de grãos, pode provocar redução acentuada na produção. Assim, quanto mais precoces

forem as semeaduras, menores serão os riscos climáticos. A implantação do sorgo safrinha, no final do período chuvoso, deixa o agricultor na expectativa de ocorrência de déficit hídrico durante o ciclo da cultura. Dessa forma, toda estratégia de manejo de solo deve levar em consideração maior quantidade de água disponível para as plantas. Espera-se que a área já tenha sido descompactada ou corrigida antes da implantação do cultivo da primeira safra. Contudo, deve-se optar pelo SPD, pois oferece maior rapidez nas operações, principalmente no plantio realizado simultaneamente à colheita, permitindo a semeadura mais cedo.

Para redução dos riscos climáticos, no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) são fornecidas as melhores épocas de semeadura do sorgo para as diversas regiões do Brasil. É possível visualizar o calendário para o plantio, considerando o tipo de solo e a cultivar em diversos municípios do Brasil (BRASIL, 2018).

Considerando o risco inerente ao sistema de plantio em sucessão, principalmente com a ocorrência de doenças e de deficiência hídrica, recomenda-se que o produtor utilize uma combinação de cultivares, iniciando seu plantio com aquelas de maior teto produtivo, que geralmente possuem ciclo mais tardio, e finalizando com as mais precoces. O plantio de mais de um híbrido reduz o risco de perda de produtividade pelo surgimento de novas doenças ou raças de fungos, reduzindo a vulnerabilidade genética da cultivar (ALBUQUERQUE et al., 2014).

ESCOLHA DA ÁREA

A fertilidade dos solos apresenta diferenças em suas características químicas, físicas e biológicas. A escolha da área para implantação da cultura do sorgo safrinha em SPD é fundamental para o sucesso da atividade. Além das questões relacionadas com a fertilidade, o histórico das culturas antecessoras, bem como os defensivos agrícolas utilizados, deve ser considerado para implantação do sorgo no SPD.

Tratando-se de safrinha, é questionável financeiramente a recuperação da fertilidade do solo, visando cultivo nessa época. Recomenda-se realizar a correção da fertilidade do solo priorizando o cultivo da safra ou das águas, pois o clima condiciona respostas à adubação. Assim, o produtor deve evitar altas doses de adubos, mesmo visando o cultivo do sorgo safrinha. O preparo convencional do solo só é recomendado para recuperar sua fertilidade (incorporar adubos, corretivos, eliminar camadas compactadas, etc.).

Dessa forma, antes da dessecação para semeadura do sorgo safrinha, é necessário realizar uma boa amostragem de solo, visando, principalmente, à reposição dos nutrientes extraídos pelos grãos. Para implantação do plantio direto na safrinha, o solo não deve ter problemas de fertilidade.

Na escolha da área, deve-se realizar a divisão em talhões homogêneos, observando a declividade do terreno, o tipo de solo, a vegetação e o cultivo anterior, dentre outros aspectos diferenciadores existentes dentro da área a ser amostrada. Em zigue-zague, as amostras do solo devem ser feitas em cada talhão homogêneo, coletando-se cerca de 20 amostras simples para formar uma amostra composta. No ponto da amostragem, os resíduos vegetais devem ser retirados da superfície do solo e podem ser usadas diversas ferramentas de

coleta: enxada, enxadao, trado, etc. O importante é coletar na profundidade correta e em toda a sua extensão retirar o mesmo volume de solo em cada amostra simples.

Recomenda-se amostragem na profundidade de 0-20 cm para as adubações e 20-40 cm para verificação da necessidade de doses de gesso agrícola. As amostras coletadas deverão ser acondicionadas e identificadas de forma adequada em saco plástico resistente, para posterior envio ao laboratório participante de programas de controle de qualidade de análises.

Várias tabelas de interpretação dos resultados de análises de solos estão disponíveis nos manuais de fertilidade dos solos, publicados para diferentes regiões no Brasil (RAIJ et al., 1996; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999; SOUSA; LOBATO, 2004; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004), e permitem conhecer o nível de fertilidade do solo no talhão a ser cultivado.

SEMEADURA

O plantio direto é um sistema de semeadura no qual a semente e o adubo são colocados diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas especiais. Abre-se somente um sulco, de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo. O controle de plantas daninhas, operação

fundamental no sistema, é geralmente feito com herbicidas aplicados antes ou depois da instalação da cultura.

Problemas na densidade de plantio são comuns em SPD, onde podem ocorrer áreas com excesso de palha, mal distribuída, e solos com altos teores de umidade que podem levar à redução da densidade de plantio, além de causar emergência desuniforme e atraso no desenvolvimento inicial (Fig. 4). Por causa desses problemas e também pelo ataque de pragas e incidência de doenças, recomenda-se adicionar cerca de 10% a mais de sementes.

O tratamento de sementes é importante para proteção da planta, tanto no combate às pragas iniciais, quanto na prevenção de doenças. Logo, deve-se fazer uma combinação de produtos que controlem, ao mesmo tempo, insetos e doenças.

A recomendação de densidade para o sorgo granífero em condição de maior restrição hídrica (safrinha ou semiárido) está na faixa de 140 mil plantas por hectare. A quantidade de sementes que está sendo distribuída por metro, durante o processo de regulagem das semeadoras pode ser realizado no caminhamento da semeadora sob solo compactado. Entretanto, durante a operação de semeio é necessário conferir a distribuição dentro do sulco, retirando-se o solo na linha de semeadura e conferindo a profundidade de semeio e distribuição



Figura 4 - Palha desuniforme e problemas de estande no sorgo granífero safrinha – Jaíba, MG

Fotos: Carlos Juliano Brant Albuquerque

das sementes no metro. O sorgo, de forma geral, necessita ser semeado raso (2 a 3 cm de profundidade).

Juntamente com essa densidade está relacionado o espaçamento entre fileiras. No Brasil, esse espaçamento é variável, pois apresenta a tendência de utilizar cada vez mais espaçamentos reduzidos (menores que 50 cm), por razões como o aumento no rendimento de grãos, por propiciar uma distribuição melhor de plantas na área, aumentando a eficiência na utilização de luz solar, água e nutrientes (ALBUQUERQUE et al., 2011; ALBUQUERQUE; CAMARGO; SOUZA, 2013). A operacionalização dessa prática ainda é um limitador no Brasil, que, geralmente, adota o mesmo espaçamento utilizado para cultura da soja (45-50 cm) (Fig. 5).

MANEJO DA ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO

Mesmo com o aumento da produtividade do sorgo, a média nacional ainda está muito abaixo do potencial dos híbridos disponíveis no mercado. Na maior parte das regiões produtoras do Brasil, destacam-se a produção de soja na safra e o plantio de milho na entressafra. Normalmente, o sorgo é cultivado num período de entressafra mais tardia, quando aumentam os riscos de perda na cultura do milho, por causa das intempéries climáticas. Os plantios tardios tendem a reduzir a produtividade, principalmente pela falta de água no período de enchimento de grãos.

O sorgo é tratado como planta rústica, pela capacidade de desenvolver-se bem em condições adversas, principalmente em relação à escassez hídrica. Porém, isso não significa que a cultura necessite de menos nutrientes ou que não seja responsiva à adubação mineral suplementar (HOUSE, 1985; WHITNEY, 1998; ALBUQUERQUE et al., 2014; PINHO; FIORINI; SANTO, 2014). À semelhança de outras culturas anuais, o sorgo pode apresentar grande exigência nutricional, sobretudo quando se busca alta produtividade (RESENDE et al., 2009). Além disso é considerado muito eficiente na utilização de



Figura 5 - Semeadura do sorgo granífero sob Sistema Plantio Direto (SPD) – Uberlândia, MG

nutrientes do solo, por ter sistema radicular bem fibroso e desenvolvido. As quantidades de nutrientes absorvidas variam de acordo com as cultivares, condições de clima, fertilidade do solo e demais tratamentos culturais (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2009).

O sorgo safrinha é cultivado sob sequeiro, após a colheita da safra de verão, sob condições ambientais peculiares, especialmente baixas temperaturas e pouca disponibilidade de água no solo, requerendo técnicas específicas de manejo que diferem daquelas recomendadas para as lavouras de verão. O sorgo safrinha em plantio direto deve ser cultivado em solos com fertilidade média a alta, pois em solos de baixa fertilidade seriam necessárias doses elevadas de adubos, que podem ser inviáveis economicamente pela baixa eficiência da adubação na safrinha, quando comparado à safra. Além disso, os solos de baixa fertilidade, que persistem nas áreas do Cerrado, são bastante arenosos.

É importante destacar que os princípios básicos utilizados na recomendação de adubação do sorgo safrinha em plantio direto são praticamente os mesmos da época da safra, levando em consideração o menor potencial produtivo, que limita as

doses econômicas, e a precipitação pluvial decrescente, que afeta o parcelamento da adubação.

Albuquerque, Camargo e Souza (2013), ao avaliarem teores de macronutrientes na maturidade fisiológica em diferentes arranjos de plantas, na parte do colmo e das folhas, encontraram teores maiores de potássio (K), seguidos de nitrogênio (N) e fósforo (P). O acúmulo de nutrientes no grão foi maior para N seguido de K e P. Mesma sequência observada por Franco (2011). Zandonadi, Albuquerque e Freitas (2016), ao avaliarem a extração e a exportação de macronutrientes de vários híbridos de sorgo granífero em Votuporanga, SP, observaram que os teores de macronutrientes nos diferentes estádios fenológicos variam de acordo com a época de semeadura avaliada, apresentando a seguinte ordem decrescente de concentração: $N > K > P > Ca > Mg > S$.

O histórico da área é fundamental para definição da contribuição do N no SPD. Esse fator está relacionado com a cultura de cobertura ou com a cultura antecessora. Resíduos culturais com elevada relação C/N podem reduzir substancialmente as quantidades de N disponíveis no solo para a cultura em sucessão. A sequência de

Carlos Juliano Brant Albuquerque



culturas em rotação também influencia o manejo da adubação nitrogenada. Espécies de leguminosas que fixam N_2 atmosférico em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* promovem, para a cultura em sucessão, maior disponibilidade de N no solo. Em função dessa disponibilização, pode-se reduzir em cerca de 50% a dose de N para a cultura seguinte (LOPES et al., 2004).

Com o acúmulo de palha na superfície em áreas de plantio direto, as perdas de N da ureia, por volatilização de amônia, tendem a ser mais intensas e rápidas, por causa da maior atividade da urease nos resíduos vegetais. Ademais, a incorporação da ureia ao solo reduz significativamente ou evita tais perdas. Em solos do Cerrado, existe uma tendência de aumento das doses de N na semeadura do sorgo safrinha, dos 10 a 20 kg/ha empregados há alguns anos, para cerca de 30 a 40 kg/ha. Isto é consequência do aumento da produtividade esperada, mas reflete também a maior demanda por N das áreas em plantio direto.

No caso do sorgo safrinha após a cultura da soja, esta leguminosa deixa muito N no solo, que é mineralizado rapidamente e pode não suprir essa grande demanda do sorgo. Adubações nitrogenadas de semeadura com fórmulas NPK concentradas em N, por exemplo, 12-16-16, 13-13-13, 16-16-16, permitem um rápido desenvolvimento inicial da planta.

Como na maioria das regiões de sorgo safrinha não existe o problema de perdas do N por lixiviação, a adubação nitrogenada de cobertura deve ser realizada somente quando houver umidade no solo.

Para produtividades esperadas entre 4 e 6 t/ha recomenda-se entre 20-80 kg/ha de P_2O_5 e 20 a 60 kg/ha de K_2O (CANTARELLA; RAIJ; CAMARGO, 1996; SOUSA; LOBATO, 2004).

A indicação para diagnose nutricional do sorgo é feita por meio da coleta de folhas no período compreendido entre a fase de emborrachamento e florescimento – emissão das panículas (Fig. 6). Coletam-se 30 folhas por talhão homogêneo, na parte mediana das plantas. Deve-se coletar uma

folha por planta. As folhas devem ser acondicionadas em sacos de papel, identificadas de forma adequada e enviadas para análise em laboratório idôneo.

Na Tabela 2, são apresentados os teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para a cultura do sorgo.

Já é possível estimar o estado nutricional do sorgo por meio de equipamentos denominados clorofilômetros. Esses

equipamentos relacionam de forma não destrutiva os teores de clorofila nas folhas com teores de N por meio de índices (ZANDONADI; ALBUQUERQUE; FREITAS, 2016). Esses autores destacaram ainda que os valores médios de acúmulo de macronutrientes para produção de uma tonelada de grãos de sorgo granífero são: 20,05 kg de N; 3,33 kg de P; 3,70 kg de K; 3,49 kg de Ca; 1,77 kg de Mg e 0,72 kg de S.



Carlos Juliano Brant Albuquerque

Figura 6 - Emborrachamento e emissão das panículas de sorgo

Tabela 2 - Valores de teores foliares de nutrientes considerados adequados para a cultura do sorgo

Macronutrientes	Teores foliares (g/kg)		Micronutrientes	Teores foliares (mg/kg)	
	(A)	(B)		(A)	(B)
Nitrogênio	23-29	25-35	Boro	-	4-20
Fósforo	4,4	2,0-4,0	Cobre	10-30	5-20
Potássio	13-30	14-25	Ferro	68-84	65-100
Cálcio	2,1-8,6	2,5-6,0	Manganês	34-72	10-190
Magnésio	2,6-3,8	1,5-5,0	Molibdênio	-	0,1-0,3
Enxofre	1,6-6,0	1,5-3,0	Zinco	12-22	15-50

Fonte: (A) Ribeiro, Guimarães e Alvarez V. (1999) e (B) Boareto et al. (2009).

FORMAÇÃO DE PALHA

Em regiões onde há predomínio de temperaturas altas associadas a altas precipitações no verão, a oxidação da MO é muito rápida. Nessas regiões, a mineralização dessa matéria chega a ser cinco vezes mais rápida do que aquela observada nas regiões temperadas. Diante disso, torna-se vital a constante reposição dessa matéria morta sobre o solo. Uma das alternativas encontradas pelos produtores agrícolas da região do Cerrado foi a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), que permite uma proteção do solo nos períodos da seca e ainda, um retorno financeiro com a criação do gado e/ou plantio da lavoura.

É necessário o acúmulo de palha para viabilizar o plantio direto. Os resíduos de gramíneas, quando adicionados à superfície do solo, apresentam decomposição mais lenta, quando comparados com leguminosas e crucíferas. Isto ocorre pela alta relação C/N das gramíneas e em muitos casos pela reduzida disponibilidade de N mineral ao solo.

Um requisito fundamental para o sucesso da ILP está relacionado com a escolha das espécies que irão compor o sistema. O sorgo produz grande quantidade de palha e com elevada relação C/N, o que é uma característica fundamental para a prática de semeadura direta em regiões quentes, onde a lenta decomposição é desejada (ALBUQUERQUE; CAMARGO; SOUZA, 2013). Outra vantagem da utilização de espécies forrageiras em consórcio com o sorgo diz respeito ao incremento de MO no solo em suas camadas (CABRAL et al., 2011). Ademais, os grãos podem ser comercializados com o intuito de amortizar os custos de recuperação da área, e a forragem pode ser utilizada na entressafra pelas criações, gerando melhor uso e maior receita da atividade (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Em experimento que envolveu o sorgo granífero em consórcio com a braquiária, mostrou-se a redução na produtividade do cereal (ALBUQUERQUE; CAMARGO; SOUZA, 2013). Entretanto, essa compe-

tição pode ser anulada com a semeadura da braquiária na ocasião da adubação de cobertura ou a lanço no plantio do sorgo (ALBUQUERQUE et al., 2011).

A consolidação do consórcio sorgo safrinha e plantas forrageiras permitirá, além de diversificação das espécies cultivadas, a maximização da ciclagem de nutrientes na sucessão soja e sorgo safrinha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sucesso do sorgo safrinha deve-se principalmente à implantação do plantio direto no Cerrado. Essa prática conservacionista reduziu os custos para implantação do cultivo em época de maior restrição hídrica e, conseqüentemente, menor produtividade, bem como propiciou melhor qualidade dos atributos relacionados com a fertilidade dos solos. O sorgo safrinha no SPD deve ser cultivado em solos com teores médios a altos de P. Os sistemas ILP são importantes para formação de palha em regiões mais quentes, pois, tanto o sorgo como as forragens apresentam alta relação C/N. As cultivares de sorgo podem dar origem à boa palha para o SPD, garantindo qualidade ao método por causa da quantidade e persistência da cobertura morta.

HOMENAGEM

Ao pesquisador Dr. Cícero Monti Teixeira (in memoriam), pelos conselhos, pela confiança, pela amizade e, acima de tudo, pelo exemplo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C.J.B. Sorgo. In: MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do agronegócio: Minas Gerais 2015 a 2025**. Belo Horizonte, 2016. p.29-32.
- ALBUQUERQUE, C.J.B.; CAMARGO, R. de; SOUZA, M.F. de. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.1, p.10-20, 2013.
- ALBUQUERQUE, C.J.B. et al. Consórcio de forrageiras tropicais com o sorgo granífero

em duas localidades do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.1, p.1-9, 2013.

ALBUQUERQUE, C.J.B. et al. **Sorgo em consórcio com *Brachiaria brizantha* sob diferentes espaçamentos**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 3p. (EPAMIG. Circular Técnica, 147).

ALBUQUERQUE, C.J.B. et al. Sorgo granífero: manejo, colheita e armazenamento. **Informe Agropecuário**. Sorgo: inovações tecnológicas, Belo Horizonte, v.35, n.278, p.41-48, jan./fev. 2014.

BOARETTO, A.E. et al. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F.C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes**. 2.ed.rev. e ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. cap.2, p.59-85.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola/portarias-segmentadas-por-uf>>. Acesso em: 12 mar. 2017.

CABRAL, D.A. et al. Matéria orgânica em solo cultivado com sorgo granífero sob diferentes coberturas vegetais para o Sistema de Integração-Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Anais... Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. p.43-71. (IAC. Boletim Técnico, 100).

DUARTE, J. de O.; GARCIA, J.C.; MATOSO, M.J. **Área de plantio direto e área plantada com sorgo no Cerrado**: existe alguma correlação entre elas? Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 8p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 151).

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. **Manual da cultura do sorgo**. Jaboticabal: FUNEP, 2009. 202p.

FRANCO, A.A.N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado em Pro-



dução Vegetal) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2011.

HOUSE, L.R. **A guide to sorghum breeding**. 2nd ed. Hyderabad, Índia: ICRISAT, 1985. 206p. Disponível em: <http://oar.icrisat.org/810/1/RA_00070.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2013.

LOPES, A.S. et al. **Sistema Plantio Direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 115p. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/lt_spd.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2013.

PINHO, R.G. von; FIORINI, I.V.A.; SANTOS, A.O. Botânica In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.D.; PARRELLA, R.A. da C. (Ed.). **Sorgo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2014. cap.1, p.37-57.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RESENDE A.V. de et al. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 119).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 401p.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416p.

WHITNEY, D. Fertilizer requirements. In: KANSAS STATE UNIVERSITY. **Grain sorghum production handbook**. Manhattan, KS, 1998. p.12-14. Disponível em: <<https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/c687.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

ZANDONADI, C.H.S.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FREITAS, S.F. de. Chlorophyll index (SPAD) and macronutrients relation and productive performance of sorghum hybrids in different sowing dates. **Australian Journal of Crop Science**, v.10, n.4, p.546-555, Apr. 2016.

Veja no próximo

INFORME AGROPECUÁRIO

Abacate: tecnologias de produção e benefícios à saúde

Fisiologia, morfologia e biologia reprodutiva do abacate

Métodos de multiplicação e manejo em viveiros

Nutrição

Aspectos técnicos para implantação e condução do pomar

Colheita e pós-colheita

Identificação e controle das principais doenças, insetos e ácaros-praga

Benefícios para a saúde

Extração do azeite de abacate

Leia e Assine o
INFORME AGROPECUÁRIO

(31) 3489-5002

publicacao@epamig.br

www.informeagropecuario.com.br



Pragas no Sistema Plantio Direto no Cerrado

Crébio José Ávila¹, Lúcia Madalena Vivan²

Resumo - Dentre os grupos de pragas que ocorrem no Sistema Plantio Direto (SPD) merecem destaques os dos insetos de solo, que atacam as partes subterrâneas das plantas, e os das pragas de superfície, que danificam as hastes e as plântulas, especialmente nos estádios iniciais de desenvolvimento das culturas. Essas pragas podem estar associadas à cobertura vegetal que será dessecada para produção de palha, as quais atacam geralmente as plântulas das culturas. Além disso, têm-se o ataque das pragas de solo que danificam as raízes das plantas, e o das pragas de superfície que atacam plântulas dos cultivos no SPD, e as que causam injúrias na parte aérea das plantas, podendo destruir as partes vegetativa e reprodutiva. O controle desses grupos de pragas tem sido realizado por meio de inseticidas químicos aplicados nas sementes, no sulco de plantio ou em pulverização sobre as culturas instaladas no SPD. No caso de lagartas, que atacam a parte aérea das plantas, o uso de plantas transgênicas *Bacillus thuringiensis* (Bt) tem-se mostrado eficiente, em especial nas culturas de soja, de milho e de algodoeiro. Todavia, outras estratégias, como o controle cultural e biológico, podem também ser empregadas como medida complementar no manejo de pragas.

Palavras-chave: Praga de solo. Praga de superfície. Praga da parte aérea. Manejo.

Pest in no-tillage system

Abstract - Among the pests that occur in the no-tillage system we highlight soil insects that attack the underground parts of plants and the surface pests that damage plants and stems, especially in the early stages of crop development. These pests may be associated with vegetation cover that will be desiccated for straw production. Soil pests damage the roots of plants and surface pests can attack crop seedlings or cause injury to the aerial parts of plants and destroy the vegetative and reproductive parts of crops. The control of this group of pests is carried out by chemical insecticides applied to the seeds or in the furrow of planting or by spraying of the crops installed in the no-tillage system. In the case of caterpillars that attack the aerial part of the plants, the use of Bt transgenic plants has also been shown to be an efficient strategy especially in soybean, maize and cotton crops. However, other control strategies such as cultural and biological control, natural and applied, can be used as a complementary measure for the management of pests that occur in no-tillage system.

Keywords: Soil pests. Surface pests. Aerial pests. Control. Management.

INTRODUÇÃO

As principais pragas que ocorrem no Sistema Plantio Direto (SPD) estão estreitamente relacionadas com o solo e com os resíduos vegetais utilizados para produção de palha nesse sistema. Os principais grupos que constituem estes organismos são os dos insetos de solo, que atacam as partes subterrâneas das plantas, e os das pragas de superfície, que atacam as hastes e as plântulas, especialmente nos estádios

iniciais de desenvolvimento das culturas. Essas pragas são classificadas como de importância primária, regional ou secundária, em função da frequência de ocorrência, abrangência e do potencial de danos que podem causar nas culturas.

Neste artigo, serão descritas as principais espécies de pragas que podem ser encontradas no SPD, bem como as principais estratégias de manejo disponíveis para o seu controle.

PRAGAS PRESENTES NA COBERTURA DO SPD

Esse grupo de pragas está normalmente associado à cobertura vegetal, que será dessecada para produção de palha no SPD (ex. milheto, aveia, braquiária, etc.), ou até mesmo às plantas daninhas e resíduos vegetais associados ao cultivo anterior. Normalmente, as principais espécies nesse ambiente são representadas por lagartas do gênero *Spodoptera*, *Agrotis* ou *Pseudaletia*,

¹Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Agropecuária Oeste, Dourados, MS, crebio.avila@embrapa.br

²Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. Fundação MT, Rondonópolis, MT, luciavivan@fundacaomt.com.br



que ocorrem em altas populações, em especial nos períodos mais secos do ano.

Caso o plantio da cultura a ser implantada seja realizado imediatamente após a dessecação da área, as lagartas presentes nesse ambiente, se não forem controladas, poderão cortar as plântulas da cultura rente ao solo ou alimentar-se de sua folhagem, causando morte e, conseqüentemente, redução do estande da cultura. Durante o dia, essas lagartas ficam normalmente abrigadas sob a palha ou torrões, saindo para se alimentar das plântulas da cultura em dias nublados ou durante a noite. Estes seriam também os horários mais adequados para realização do controle químico da praga, ou seja, quando as lagartas estão ativas e mais expostas à calda inseticida. O controle poderá ser realizado com pulverizações em alto volume, empregando-se lagartidas com efeito de contato e ingestão.

PRAGAS DE SOLO NO SPD

As pragas de solo atacam as raízes das plantas e são insetos subterrâneos pertencentes às ordens Coleoptera e Hemiptera. Este grupo de pragas pode destruir as raízes ou os nódulos de fixação biológica de nitrogênio (FBN) e afetar negativamente o estabelecimento do estande, o vigor e o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade das culturas.

Dentre as pragas que atacam as raízes de plantas no SPD, destacam-se as larvas subterrâneas rizófagas de besouros melolontídeos, também denominados corós, bicho-bolo ou pão-de-galinha (ÁVILA; SANTOS, 2009) e os percevejos-castanhodas-raízes (OLIVEIRA; MALAGUIDO, 2004), os quais, embora possam ocorrer durante todo o ciclo das culturas, causam danos mais severos nos estádios iniciais de desenvolvimento das plantas. As principais espécies de corós que ocorrem no SPD são *Phyllophaga capillata*, *Liogenys fuscus*, *L. suturalis*, enquanto que os percevejos-castanho são representados pelas espécies *Scaptocoris castanea* e *S. carvalhoi*.

Dentre as técnicas que podem ser utilizadas para o controle de corós e perce-

vejos-castanho, destacam-se: manipulação da época de semeadura, preparo do solo com implementos adequados e aplicação de inseticidas nas sementes ou no sulco de semeadura (ÁVILA; GOMEZ, 2003). No caso do percevejo-castanho, inseticidas aplicados nas sementes não se têm mostrado eficientes. Todavia, a pulverização no sulco de plantio com inseticidas químicos, especialmente quando o percevejo está localizado próximo da superfície do solo, pode proporcionar um bom controle dessa praga, dependendo do produto e da dose empregada.

À semelhança do coró, a larva-alfinete, *Diabrotica speciosa*, alimenta-se das raízes do milho implantado no SPD. As larvas alimentam-se especialmente das raízes adventícias desta cultura, reduzindo a capacidade da planta de absorver água e nutrientes, tornando-as menos produtivas, bem como mais suscetíveis a doenças e ao tombamento (ÁVILA; GRIGOLLI, 2014). As plantas caídas ficam com um aspecto recurvado, caracterizando o sintoma conhecido como pescoço de ganso. Embora essas plantas, por ocasião da colheita, possam conter espigas de milho desenvolvidas, estas geralmente não são colhidas pela plataforma da colhedeira. As larvas de vaquinha são tradicionalmente observadas na cultura do milho, mas podem atacar as raízes do trigo, da aveia, do sorgo e, eventualmente, as culturas da soja e do feijoeiro durante o processo de germinação das sementes e emergência das plantas.

O controle químico de larvas de vaquinha é preventivo. No entanto, o tratamento das sementes com inseticidas não protege o sistema radicular do milho do ataque da praga. Isso acontece porque no período em que as larvas causam danos no milho (mais que 30 dias da emergência), as plantas já não apresentam efeito residual dos produtos aplicados nas sementes. Alguns inseticidas, quando aplicados na forma granulada ou em pulverização no sulco de semeadura, têm-se mostrado eficazes no controle de larvas de vaquinha.

PRAGAS QUE ATACAM PLÂNTULAS E HASTES NO SPD

Com a expansão de diferentes cultivos no SPD, tem-se observado um número crescente de pragas que atacam plântulas, hastes e pecíolos das plantas. As principais pragas que atacam plântulas no SPD são o tamanduá-da-soja, a lagarta-elasma, lesmas, caracóis e os piolhos-de-cobra.

O tamanduá-da-soja, *Sternechus subsignatus*, é uma espécie que tanto os adultos quanto as larvas podem causar danos na cultura. Os adultos, para se alimentarem, raspam e desfilam os tecidos da haste principal e, eventualmente, os ramos laterais e pecíolos das folhas. Já as larvas são endofíticas, ou seja, alimentam-se no interior da haste principal, precisamente da medula desta. Para o manejo do tamanduá-da-soja, antes de planejar o cultivo da próxima safra, devem ser realizadas amostragens nos talhões onde, na safra anterior, foram observados ataques severos da praga. Caso forem encontradas de duas a seis larvas/m² de solo do tamanduá, a soja deve ser substituída na área por uma cultura não hospedeira, como milho, algodão, sorgo, girassol, milheto, *Crotalaria juncea* ou mucuna-preta, em que o inseto não se desenvolve, o que, conseqüentemente, interromperá o seu ciclo biológico. O controle de adultos do tamanduá pode ser realizado por meio de inseticidas aplicados nas sementes de soja (ex. fipronil, tiametoxam) ou em pulverização sobre plantas de soja.

A lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), é outra praga que pode danificar plantas jovens de diferentes culturas implantadas no SPD, especialmente quando o inseto já estiver presente na cobertura a ser dessecada para plantio de uma determinada cultura. O inseto alimenta-se de diversas espécies de plantas cultivadas ou silvestres, em especial de gramíneas e leguminosas (ÁVILA; GRIGOLLI, 2014). Como conseqüência do dano da lagarta-elasma, a planta atacada inicialmente murcha e, posteriormente, seca, em razão da obstrução do transporte de água e de nutrientes do solo para a parte aérea. Chuvas



bem distribuídas, durante os primeiros 30 dias de desenvolvimento da cultura, praticamente eliminam a infestação do inseto nas lavouras. A pulverização de inseticidas sobre as plantas tem proporcionado baixa eficiência de controle da lagarta-elasm (<50%), em razão da posição em que a praga fica alojada na planta. O tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos (ex. fipronil, imidacloprido + tiodicarbe e clorantiraniliprole) pode ser utilizado em áreas que tradicionalmente essa praga tem sido problema.

As lesmas e os caracóis são moluscos da classe Gastropoda, os quais ocorrem, com maior frequência, em ambientes úmidos e frescos. Essas pragas apresentam maior abundância em solos com elevada quantidade de palha ou de matéria orgânica (MO), como é observado no SPD. Tanto as lesmas quanto os caracóis raspam o tecido do caule das plântulas ou dos cotilédones, sendo as injúrias semelhantes àquelas causadas por insetos, podendo destruir a sua porção apical e causar a morte dessas plântulas, reduzindo, assim, o estande da cultura. Para o controle de lesmas e caracóis, produtos à base de metaldeído são sugeridos, mas, além de terem um preço elevado, apresentam impraticabilidade para uso em extensas áreas. Soluções salinas contendo misturas de inseticidas (especialmente carbamatos) + sal de cozinha ou ureia têm sido também sugeridas para o controle desses moluscos.

Os piolhos-de-cobra são organismos pertencentes à classe Diplopoda e caracterizam-se por apresentar o corpo cilíndrico e dividido em vários segmentos (de 20 a 100 segmentos). Esse grupo de pragas ocorre normalmente em áreas com abundância de palha, MO morta e de tecido vegetal vivo, como prevalece nas áreas onde se faz o SPD. Alimenta-se de MO morta e de tecido vegetal vivo jovem, danificando sementes das culturas em fase de germinação ou em emergência no solo, bem como plântulas recém-emergidas, ingerindo partes dos cotilédones ou das folhas novas, podendo matar as plantas e causar acentuada redu-

ção do estande nas lavouras. O controle do piolho-de-cobra pode ser realizado, com relativo sucesso, aplicando-se inseticida nas sementes ou realizando-se pulverizações sobre as plantas. Os ingredientes ativos mais eficazes para o controle de piolhos-de-cobra pertencem aos grupos dos carbamatos e fenil-pirazóis (fipronil). Quando forem realizadas pulverizações sobre a cultura, para o controle do piolho-de-cobra, sugere-se que estas sejam realizadas à noite, período em que essas pragas apresentam maior atividade, empregando-se pontas de pulverização do tipo leque e alto volume de calda (mínimo de 200 L/ha).

PRAGAS QUE ATACAM A PARTE AÉREA DAS PLANTAS NO SPD

As pragas que atacam a parte aérea das plantas podem ocorrer indistintamente tanto no SPD como no sistema plantio convencional. Todavia, o grau de incidência nos cultivos pode ser influenciado pela sequência de espécies cultivadas previamente na área de plantio direto.

Nas culturas da soja e do feijoeiro podem ocorrer lagartas-desfolhadoras, como *Anticarsia gemmatalis*, *Chrysodeixis includens*, *Helicoverpa armigera*, *Chloridea virescens*; insetos sugadores, como os percevejos *Euschistus heros*, *Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula* que atacam as vagens e os grãos desta cultura; e a mosca-branca, *Bemisia* sp. que ataca as folhas e causa a fumagina (ÁVILA; GRIGOLLI, 2014). Já na cultura do milho, podem ser observados a lagarta-do-cartucho (*S. frugiperda*), as lagartas-da-espiga (*Helicoverpa zea* e *H. armigera*), o pulgão (*Rhopalosiphum maidis*) e o percevejo-barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) os quais danificam as plantas de milho. Na cultura do algodão observam-se pragas da parte aérea atacando folhas como o pulgão-do-algodoeiro (*Aphis gossypii*), e as lagartas-desfolhadoras: curuquerê (*Alabama argillacea*), lagarta-das-maçãs (*Helicoverpa armigera*, *C. virescens*),

além do bicudo (*Anthonomus grandis*), a lagarta-rosada (*Pectinophora gossypiella*) e um grande complexo de percevejos os quais atacam as estruturas reprodutivas do algodoeiro. Na cultura do trigo, os insetos que atacam a parte aérea são representados especialmente pelo pulgão (*Schizaphis graminum*), que suga as plantas, e pelas lagartas-desfolhadoras, como *S. frugiperda* e *Pseudaletia sequax*.

O controle de pragas, que atacam a parte aérea das plantas, instalado no SPD, é realizado basicamente por meio de inseticidas aplicados nas sementes ou em pulverização sobre as plantas. O controle de lagartas-desfolhadoras na soja e no feijoeiro deve ser realizado quando forem encontradas, em média, 20 lagartas grandes (igual ou maior que 1,5 cm) por metro de fileira, ou quando a desfolha atingir 30% antes da floração ou 15% tão logo apareçam as primeiras flores. Vários ingredientes ativos do grupo dos fosforados, diamidas e reguladores de crescimento têm-se mostrado eficientes para o controle de lagartas-desfolhadoras nestas culturas. O manejo efetivo da mosca-branca na cultura da soja somente é obtido por meio da integração de táticas de controle. Já o controle de percevejos sugadores na cultura de soja inicia-se no estágio R3, ou seja, logo após a formação dos “canivinhos”, que são os primórdios do desenvolvimento das vagens. Nos estádios da soja que apresentam suscetibilidade ao ataque dos percevejos (após R3), o controle deve ser realizado com base nos níveis de ação determinados pela pesquisa, que é de dois percevejos por metro de fileira de plantas, para lavouras de grãos, e um percevejo por metro de fileira para lavouras destinadas a sementes (EMBRAPA SOJA, 2011).

Vários inseticidas são recomendados pela Comissão de Entomologia da Reunião de Pesquisa de Soja da região Central do Brasil (RPSRCB), para o controle dos percevejos. Em lavouras de soja muito adensadas, como as que existem atualmente, os inseticidas aplicados em pulverização



podem não atingir os percevejos por causa do fenômeno conhecido como “efeito guarda-chuva”. Nessas condições, o uso do sal de cozinha (NaCl), na concentração de 0,5% na calda inseticida (500 g para cada 100 L de água), pode incrementar a mortalidade dos percevejos em pelo menos 25%, quando comparado a áreas aplicadas sem o sal.

Na cultura do milho e do trigo, os produtos mais eficientes para o controle de desfolhadores são aqueles pertencentes ao grupo das diamidas e spinosinas. Especificamente, no caso do percevejo-barriga-verde na cultura do milho, o controle deve ser realizado preventivamente, empregando-se inseticidas via semente ou em pulverização sobre a cultura. Trabalhos conduzidos na Embrapa Agropecuária Oeste evidenciaram que o nível de dano para o controle do percevejo-barriga-verde no milho safrinha é inferior a um inseto para cada cinco plantas de milho. Os inseticidas recomendados, em pulverização, para o complexo de percevejos fitófagos da soja são normalmente eficientes no controle do percevejo-barriga-verde, na cultura do milho. O controle de pulgões e das cigarrinhas na cultura do milho pode ser realizado com inseticidas carbamatos ou com a mistura de neonicotinoides + piretroides.

Na cultura do algodoeiro, o controle do pulgão é realizado basicamente por meio do tratamento de sementes com inseticidas, enquanto que para o controle de lagartas-desfolhadoras, do bicudo e dos percevejos são realizadas aplicações de inseticidas com produtos específicos para estas pragas.

O uso de plantas resistentes, sejam transgênicas ou não, visando ao manejo de uma determinada praga, é considerado a base do manejo integrado. Ao se alimentarem de plantas com as toxinas *Bacillus thuringiensis* (Bt), as lagartas-alvos dessa tecnologia ingerem a proteína presente na folha, que se liga a receptores específicos no tubo digestivo do inseto, provocando a ruptura da membrana do intestino e,

consequentemente, a morte do inseto. As plantas transgênicas Bt constituem tecnologias bastante promissoras para ser empregadas no controle de lagartas presentes nos cultivos instalados no SPD. A soja ‘Intacta’ apresenta bom controle da lagarta-da-soja (*A. gemmatilis*), da falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) e da lagarta-das-maçãs, mas tem-se mostrado pouco efetiva para as lagartas do complexo das *Spodoptera*. Em relação à cultura do algodoeiro, as tecnologias Bt disponíveis são WideStrike (WS) (Cry1ac, Cry1F), GL TwinLink (Cry1ab, Cry2ae) e Bollgard II (Cry1ac, Cry2ab), sendo efetivas para lagartas *A. argillacea*, *P. gossypiella*, *C. includens* e *C. virescens*. No entanto, o controle não é de 100% para as espécies *H. armigera* e para o complexo de *Spodoptera*, principalmente para a tecnologia WS. Apesar disso, as proteínas Cry não têm efeito sobre outras pragas denominadas não alvo, que também são importantes para a cultura do algodoeiro, como o pulgão *A. gossypii* e o bicudo *A. grandis*, e os percevejos fitófagos da família Pentatomidae (*N. viridula*, *E. heros*, *E. meditabunda*, *P. guildinii*, *Chinavia* spp. e *T. perditor*) que migram da soja e/ou de outras plantas hospedeiras (NARANJO, 2009). Em países como os Estados Unidos, Austrália e China, onde a tecnologia Bt é utilizada há mais de nove anos, as populações dos percevejos migrantes da família Pentatomidae e dos percevejos da família Miridae aumentaram significativamente nas lavouras de algodoeiro Bt, pela redução das aplicações de inseticidas para as pragas-alvo dessa tecnologia (GREENE et al., 2001).

A tecnologia Bt deve ser considerada como uma tática a mais a ser integrada com as diferentes estratégias do manejo integrado de lagartas, pois, com a redução da aplicação de inseticidas químicos, em consequência do uso de plantas Bt, outros desfolhadores continuarão a ser ameaça para as culturas. Por outro lado, a utilização exclusiva de plantas Bt nas áreas de cultivo

poderá proporcionar o desenvolvimento de lagartas resistentes às toxinas, podendo inviabilizar essa tecnologia em curto prazo, especialmente quando material cultivado expressar apenas uma toxina. Para que não ocorra o desenvolvimento de resistência das lagartas às culturas Bt e, consequentemente, prolongar a vida útil dessa tecnologia, é imprescindível a implementação de áreas de refúgios nas unidades de produção agrícola. Assim, recomenda-se a adoção de refúgios estruturados em diferentes percentuais da área cultivada com o transgênico Bt, dependendo da cultura em questão, utilizando-se nestas áreas materiais convencionais (não Bt) que apresentam fenologia, ciclo e manejo semelhantes ao material transgênico. Nas áreas de refúgio, o controle de lagartas deverá ser realizado sempre que o inseto atingir o nível de controle.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pragas que ocorrem no SPD são classificadas como de importância primária, regional ou secundária, em função da frequência de ocorrência, abrangência e do potencial de danos que podem causar nas culturas. Essas pragas são representadas por aquelas que estão presentes na cobertura a ser dessecada para produção de palha, pelas pragas de solo e de superfície e por aquelas que atacam a parte aérea das culturas. O controle dessas pragas tem sido realizado basicamente pelo emprego de inseticidas químicos aplicados nas sementes, no solo ou em pulverização da parte aérea dos cultivos. O emprego de plantas transgênicas Bt tem sido também muito eficiente no manejo de lagartas-desfolhadoras, em especial nas culturas da soja, do milho e do algodoeiro instaladas no SPD. O sucesso do manejo de pragas no SPD dependerá do conhecimento prévio do técnico sobre aspectos da biologia e da identificação correta desses organismos pragas, bem como do monitoramento e do emprego correto das táticas de controle disponíveis.



REFERÊNCIAS

ÁVILA, C.J.; GOMEZ, S.A. **Efeito de inseticidas aplicados nas sementes e no sulco de semeadura, na presença do coró-da-soja, *Phyllophaga cuyabana***. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2003. 28p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 55). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38270/1/DOC200355.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

ÁVILA, C.J.; GRIGOLLI, J.F.J. Pragas da soja e seu controle. In: LOURENÇÃO, A.L.F. et al. (Ed.). **Tecnologia & produção: soja 2013/2014**. Maracaju: Fundação MS, 2014. cap.6, p.109-168. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/tecnologia-producao-soja-2013-2014>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

ÁVILA, C.J.; SANTOS, V. **Corós associados ao Sistema Plantio Direto no estado de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009. 32p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 101). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAO-2010/31935/1/DOC2009101.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2013.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja - região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina, 2011. 261p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 15).

GREENE, J.K. et al. Treatment thresholds for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. **Journal of Economic Entomology**, v.94, n.2, p.403-409, Apr. 2001.

NARANJO, S.E. Impacts of Bt crops on non-target invertebrates and insecticide use patterns. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v.4, n.11, p.1-23, June 2009.

OLIVEIRA, L.J.; MALAGUIDO, A.B. Flutuação e distribuição vertical da população do percevejo castanho da raiz, *Scaptocoris castanea* Perty (Hemiptera: Cydnidae), no perfil do solo em áreas produtoras de soja nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n.3, p.283-291, maio/jun. 2004.

Manejo e gestão da propriedade cafeeira



Esta edição do Boletim Técnico reúne, de forma simples e direta, orientações e recomendações a ser verificadas pelo cafeicultor em todas as etapas de produção.

A implementação das Boas Práticas de Manejo (BPM) e a gestão da propriedade de forma sustentável garantem a produção de café de qualidade e o sucesso da atividade.



Assinatura e vendas avulsas

www.informeagropecuario.com.br

publicacao@epamig.br

(31) 3489-5002



Manejo de doenças no Sistema Plantio Direto no Cerrado

Dulândula Silva Miguel Wruck¹, Luiz Gonzaga Chitarra²

Resumo - Doenças predominantes em lavouras manejadas com Sistema Plantio Direto (SPD), não são as mesmas que ocorrem, quando se utiliza o revolvimento do solo no sistema convencional. No SPD, os danos causados por alguns patógenos necrotróficos com maior habilidade saprofítica, com vários hospedeiros e/ou que desenvolvem estruturas de resistência são mais severos. No manejo de doenças no SPD, é importante ressaltar que um único método de controle não é eficiente, e sim o uso da estratégia de manejo integrado. A adoção de rotação de cultura, o uso de resistência genética do hospedeiro, a utilização do biocontrole de doenças radiculares e o uso de sementes saudáveis, são ferramentas de manejo de doenças no SPD.

Palavras-chave: Patógeno. Resistência. Biocontrole. Rotação de cultura. Planta suscetível.

Management of diseases in no-tillage system in the Cerrado

Abstract - Predominant diseases in crops managed under no-tillage system are generally not the same as those occurring when using conventional tillage. In no-tillage system, the damage caused by some necrotrophic pathogens with high saprophytic ability, with several hosts and/or that develop resistance structures are more severe. In the management of diseases in no-tillage system, it is important to emphasize that a single control method is not efficient, therefore it is recommended the use of the integrated management strategy. The practice of crop rotation, the use of genetic resistance of the host, biocontrol of root diseases and healthy seeds are some of the tools of disease management in the no-tillage system.

Keywords: Pathogen. Resistance. Biocontrol. Crop rotation. Susceptible plant.

INTRODUÇÃO

Em 2012, a área total cultivada em Sistema Plantio Direto (SPD) no Brasil foi de, aproximadamente, 32 milhões de hectares, e o uso desse sistema de plantio tem aumentado nos últimos anos (FEBRAPDP; CONAB, 2013) e, conseqüentemente, a atenção, quanto ao manejo de doenças dentro desse sistema, tem que ser dobrada.

O aparecimento e o desenvolvimento de doenças ocorrem por causa da interação entre uma planta suscetível, um agente patogênico e fatores ambientais favoráveis (KRUGNER, 1995). Outros fatores importantes que podem contribuir também são os tratamentos culturais realizados na lavoura pelo homem, como os danos causados às plantas por equipamentos agrícolas e as pulveriza-

ções de agrotóxicos que resultam em danos às folhas e às plantas. Essas condições são atendidas em lavouras comerciais de grãos, tanto no sistema de preparo convencional de solo quanto no SPD. Entretanto, observa-se certa diferenciação na ocorrência de doenças, dependendo do sistema de manejo de solo adotado. Doenças predominantes em lavouras manejadas no SPD, geralmente, não são as mesmas que ocorrem quando se utiliza o revolvimento do solo (sistema convencional). No SPD, os problemas fitossanitários geralmente iniciam na segunda geração após a adoção do sistema, decorrentes de um novo patamar de equilíbrio estabelecido em populações de pragas. A presença de camada de restos culturais na superfície do solo é responsável por alterações no microclima

de lavouras em SPD. O solo abaixo dessa camada apresenta menor temperatura e maior umidade que o solo do preparo convencional, o que contribui para a seleção de microrganismos adaptados e no desenvolvimento de doenças. A decomposição de restos culturais é mais lenta, aumentando o período de permanência de patógenos na lavoura. Para algumas doenças, a dispersão de inóculo também é favorecida, pois a distância entre patógenos e hospedeiro é menor (COSTAMILAN, 2005).

DOENÇAS

No SPD, danos causados por alguns patógenos necrotróficos com maior habilidade saprofítica, com vários hospedeiros e/ou que desenvolvem estruturas de resistência

¹Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Agrossilvipastoril, Sinop, MT, dulandula.wruck@embrapa.br

²Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesq. EMBRAPA Algodão, Campina Grande, PB, luiz.chitarra@embrapa.br



são mais severos. Nesse caso, incluem-se por exemplo a podridão-vermelha-da-raiz (*Fusarium solani* f.sp. *glycines*) (Fig. 1), a podridão-radicular (*Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*), a murcha-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*), a podridão-de-carvão (*Macrophomina phaseolina*) (Fig.2), a mancha-alvo e a podridão-radicular-de-Corynespora (*Corynespora cassiicola*), o tombamento de plântulas

e a murcha-de-Sclerotium (*Sclerotium rolfsii*) (Fig. 3), o tombamento de plântulas e a morte em reboleiras (*Rhizoctonia solani*) (COSTAMILAN, 2005; CASA et al., 2011).

No SPD, observa-se também um aumento da fonte de inóculo dos patógenos biotróficos, como ferrugem e oídio, em decorrência da maior população de plantas voluntárias hospedeiras desses patógenos que se desenvolvem durante a entressafra

(REIS; CASA; ZAMBOLIM, 1999; COSTAMILAN, 2005).

Por outro lado, há exemplos de doenças cujo desenvolvimento e disseminação são desfavorecidos com a implantação do SPD, como mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Fig. 4), mancha-parda (*Septoria glycines*), mela (*Thanatephorus cucumeris*) e nematoides-de-galhas (*Meloidogyne* spp.) e de cisto (*Heterodera glycines*) (COSTAMILAN, 2005).



Figura 1 - Podridão-vermelha-da-raiz

Dulândula S. M. Wruck



Figura 3 - Murcha-de-Sclerotium

Neylson E. Arantes



Figura 2 - Podridão-de-carvão

Dulândula S. M. Wruck



Figura 4 - Mofo-branco

Nota: A - Soja; B - Algodão.

Foto A: Dulândula S. M. Wruck. Foto B: Luiz G. Chiffarra

MANEJO DE DOENÇAS

Para o manejo de doenças no SPD, é importante ressaltar que um único método de controle não é eficiente, e sim o uso da estratégia do manejo integrado.

Rotação

O princípio de controle preconizado na rotação de culturas é a supressão ou eliminação do substrato apropriado para o desenvolvimento e disseminação do patógeno. A ausência da planta cultivada anualmente, inclusive as voluntárias e os restos culturais, leva à erradicação total ou parcial dos patógenos necrotróficos os quais são nutricionalmente dependentes dessas plantas. A decomposição dos restos culturais, durante a rotação de culturas, é o resultado da ação de microrganismos do solo. Nesse processo, os fitopatógenos associados aos resíduos vegetais também são destruídos (REIS; FORCELINI, 1995).

Assim, a adoção de rotação de culturas é uma ferramenta útil no controle de doenças causadas por patógenos necrotróficos com baixa habilidade saprofítica, ou seja, para aqueles que permanecem viáveis apenas nos restos culturais, como *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*, *Septoria glycines*, *Cercospora kikuchii* e *C. sojina* em soja (COSTAMILAN, 2005), assim como para aqueles patógenos que não apresentam estruturas de resistência (REIS; CASA; ZAMBOLIM, 1999). A rotação de culturas também é eficaz no controle de patógenos que apresentam pouco ou nenhum hospedeiro secundário, exemplos *Diplodia maydis* e *D. macrospora*, cujo único hospedeiro é o milho (REIS; CASA; ZAMBOLIM, 1999).

Foi observado em áreas com o cultivo de trigo no SPD, em Passo Fundo (RS), que houve diminuição de, aproximadamente, 50% da severidade de doenças radiculares como mal-do-pé (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) e podridão-comum (*Bipolaris sorokiniana*), quando utilizada a prática da rotação de culturas trigo/soja, trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo, e

trigo/soja, aveia-preta ou aveia-branca/soja e ervilhaca/milho ou sorgo (SANTOS et al., 2000).

No caso de mofo-branco, rotação utilizando leguminosas com gramíneas é um excelente método de manejo da doença, pois as gramíneas (arroz, milho, braquiária, etc.), não são hospedeiras do fungo e, com o passar do tempo, os escleródios, que são estruturas de resistência do patógeno, perdem a viabilidade, principalmente, por ação microbiota antagonista do solo (GÖRGEN et al., 2009). Portanto, o uso de cobertura morta na superfície do solo reduz a formação do órgão reprodutor, apotécios, desfavorecendo a liberação dos ascósporos (REIS e TOMAZINI, 2005; GÖRGEN et al., 2009), forma uma barreira física, evitando a disseminação dos ascósporos para áreas adjacentes (BARBOSA; GONZAGA, 2012). Em área altamente infestada por *S. sclerotiorum*, a eficiência da palha de braquiária como barreira física à produção de apotécios é considerada como premissa para o controle biológico desse patógeno no SPD (PEREIRA et al., 2013).

A rotação de cultura não é eficiente para fungos patogênicos habitantes naturais do solo, que apresentam habilidade de competição saprofítica, ampla gama de hospedeiros e sobrevivem na forma de estruturas de resistência, exemplos *Phythium* sp., *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *Rhizoctonia* sp., *Macrophomina phaseolina* (REIS; CASA; ZAMBOLIM, 1999; REIS, et al., 2011). Para esse grupo de patógenos, devem-se aplicar medidas para reduzir a densidade populacional pelo estímulo da supressividade do solo (COSTAMILAN, 2005), aumentando, por exemplo, a população de microrganismos antagonistas.

O agente causal da rizoctoniose, *Rhizoctonia solani*, sobrevive no solo, saprofiticamente, apresentando uma ampla gama de hospedeiros, como plantas nativas e/ou daninhas e cultivadas. Esse fungo é habitante do solo, com alta habi-

lidade de competição saprofítica, sendo de difícil controle pela prática da rotação de culturas. As estratégias de controle, em áreas extensas de cultivo, devem concentrar-se no desenvolvimento da supressividade do solo. Por exemplo, no caso da soja e do algodão, a supressividade pode ser aumentada pela qualidade e quantidade de matéria orgânica (MO) acrescentada ao solo. Nesse caso, a rotação de culturas, utilizando milho no verão e/ou milho mais braquiária, possibilita diversificar a qualidade do substrato, aumentando a quantidade de cobertura morta no SPD (REIS; CASA; HOFFMANN, 2005), minimizando, portanto, o ataque do fungo no estabelecimento dessas culturas.

A rotação de culturas pode levar à redução da densidade de inóculo de um determinado fitopatógeno por:

- eliminação do substrato determinando a morte do patógeno por inanição;
- espécies vegetais alternativas, cultivadas, poderão selecionar e/ou aumentar a população de uma espécie, ou grupo de microrganismos, antagonistas, ao fungo-alvo do controle.

Neste último caso, os mecanismos de redução ou eliminação do inóculo podem ser atribuídos à antibiose, competição e predação (DEACON; BERRY, 1993 apud REIS; CASA; HOFFMANN, 2005).

Biocontrole

O biocontrole de doenças radiculares é a área mais desenvolvida de biocontrole de doenças de plantas, com exemplos clássicos como o controle de *Agrobacterium tumefaciens*, agente da galha em coroa em diversas culturas, por *Agrobacterium radiobacter*. A introdução de microrganismos adaptados ao micro-habitat do patógeno é um dos aspectos mais relevantes para o sucesso de um programa de controle biológico de doenças de plantas. Neste contexto, diversos microrganismos são isolados, selecio-



dados e utilizados como agentes biocontroladores de doenças: *Trichoderma* sp., *Gliocladium virens*, *Talaromyces flavus*, *Pythium oligandrum*, *Coniothyrium minitans*, *Poridiesmium sclerotivorum*, *Peniophora gigantea*, *Penicillium* spp., *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Agrobacterium radiobacter* e *Pasteuria penetrans* (MELO, 1996).

Resultados de estudos, ao ser utilizado *Trichoderma* spp. para manejo de patógenos habitantes do solo, no SPD, têm-se mostrado promissores na diminuição do número de escleródios viáveis de *S. sclerotiorum* e na redução do inóculo de *F. solani* e *R. solani*, utilizando *T. harzianum*, na cultura do feijoeiro comum (LOBO JÚNIOR; GERALDINE; CARVALHO, 2009).

Resistência genética

Outra ferramenta útil no manejo de doenças no SPD é a resistência genética do hospedeiro, que se baseia em mecanismos estruturais e bioquímicos; porém, para as doenças causadas por fungos necrotróficos, a resistência do hospedeiro é mais difícil de ser obtida pelo melhoramento convencional.

CONTAMINAÇÃO POR SEMENTES

Nas culturas da soja e do algodão, a maioria dos patógenos é introduzida por meio de sementes contaminadas e/ou infectadas. Esses patógenos podem estar associados tanto externamente como internamente às sementes. O uso de sementes certificadas, oriundas de lavouras saudáveis, beneficiadas adequadamente (livres de torrões, restos de culturas e estruturas de patógenos), tratadas com fungicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) são medidas essenciais para prevenção e/ou redução das perdas de produção causadas por doenças (EMBRAPA SOJA, 2013). Portanto, o uso de fungicidas nas sementes é uma prática necessária e de baixo custo para o controle de patógenos de solo.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, F.R.; GONZAGA, A.C. de O. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região Central-Brasileira**: 2012-2014. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 248p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 272).

CASA, R.T. et al. Podridão radicular em feijão no Sistema Plantio Direto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.10, n.1, p.37-43, 2011.

COSTAMILAN, L.M. Doenças de soja cultivada em Sistema Plantio Direto. In: SANTOS, H.P. dos et al. **Eficiência de soja cultivada em modelos de produção sob Sistema Plantio Direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. p.158-179.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014**. Londrina, 2013. 265p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2017.

FEBRAPDP; CONAB. **Evolução da área cultivada no Sistema Plantio Direto na palha - Brasil**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.pdf>. Acesso em: 11 maio 2017.

GÖRGEN, C.A. et al. Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1583-1590, dez. 2009.

KRUGNER, T.L. A natureza da doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, p.34-44.

LOBO JÚNIOR, M.; GERALDINE, A.M.; CARVALHO, D.D.C. **Controle biológico de patógenos habitantes do solo com *Trichoderma* spp., na cultura do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa

Arroz e Feijão, 2009. 4p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 85).

MELO, I.S. de. *Trichoderma* e *Gliocladium* como bioprotetores de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.4, p.261-295, 1996.

PEREIRA, F. de S. et al. Estratégias de controle de mofo branco do feijoeiro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, p.1354-1371, 2013.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; HOFFMANN, L.L. Controle cultural de doenças radiculares. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E.G.T.; MENEZES, M. (Ed.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, 2005. cap.11, p.279-301. Disponível em: <<https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Michereff-et-al.-2005.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2017.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; ZAMBOLIM, L. Manejo de doenças no Sistema Plantio Direto. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NA UFV, 2., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1999, p.55-72.

REIS, E.M.; FORCELINI, C.A. Controle cultural. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, p.710-716.

REIS, E.M.; TOMAZINI, S.L. Viabilidade de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* em duas profundidades no solo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.31, n.3, p.97-99, 2005.

REIS, E.M. et al. Decomposition of corn and soybean residues under field conditions and their role as inoculum source. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.1, p.65-67, Jan./Mar. 2011.

SANTOS, H.P. dos et al. Efeito de manejo de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento e doenças de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2355-2361, dez. 2000.



Manejo de nematoides em Sistema Plantio Direto no Cerrado

Luciany Favoreto¹, Maurício Conrado Meyer²

Resumo - No manejo de nematoides, o Sistema Plantio Direto (SPD) é uma das medidas mais eficientes, mas depende da escolha das culturas subsequentes, a fim de evitar o aumento da população desses nematoides no solo. O SPD no Brasil requer a constante cobertura do solo, o que significa presença de raízes que podem ser a condição de sobrevivência dos nematoides. Assim, é muito importante estabelecer a rotação ou a sucessão de culturas com espécies não hospedeiras ou más hospedeiras dos nematoides, para quebrar seu ciclo de vida. Em 2015, foi descoberta uma nova doença em soja, causada pelo nematoide-das-hastes-verdes, *Aphelenchoides besseyi*, que vem ocasionando perdas de até 100% na produtividade da soja nas áreas de cultivo do Norte e Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: *Aphelenchoides besseyi*. Parasitas obrigatórios. Soja Louca II. Manejo. Rotação de culturas.

Managing nematodes in the no-tillage system in the Cerrado

Abstract - Regarding to plant nematode management, the no-tillage cropping system is one of the most efficient measures, but it depends on the choices of the subsequent crops, in order to rotate no hosts species to prevent the increase of nematode population in the soil. No-tillage system in Brazil requires soil covering by vegetation every time, what means constant presence of roots that can be the surviving condition of the nematodes. So that, it is very important to establish crop rotation or crop sequencing with no hosts or bad hosts to nematodes in order to break their live cycle. In 2015, it was discovered a new disease in soybean, caused by the green stem nematode *Aphelenchoides besseyi*, that have been causing losses of up to 100% on soybean yield in the Northern Brazilian areas.

Keywords: *Aphelenchoides besseyi*. Mandatory parasites. Soja Louca II. Management. Crop rotation.

INTRODUÇÃO

No Sistema Plantio Direto (SPD) os benefícios contribuem efetivamente para a melhoria do solo e de sua microbiota.

O controle da erosão, a melhor estruturação, as reduções das perdas de água e da variação de temperatura propiciaram o aumento dos teores de matéria orgânica (MO) do solo e, conseqüentemente, o aumento de sua atividade biológica, tanto de microrganismos que causam danos às culturas como, principalmente, daqueles que promovem o controle biológico dos fitopatógenos.

O SPD é caracterizado pela diversificação de espécies vegetais, via rotação e/ou

consorciação de culturas, e a cobertura permanente do solo, seja com plantas vivas, seja com restos culturais (DENARDIN et al., 2010).

Quando se pensa em uma área livre de nematoides, este sistema é bastante eficiente ao que se propõe, porém, em áreas infestadas com esses fitoparasitas, a escolha da cultura subsequente será de vital importância para o sucesso do sistema implantado na área. Neste caso, o sucesso do plantio direto irá depender muito do nível-de-conhecimento do agricultor e/ou dos seus técnicos e engenheiros-agrônomo, por causa da complexidade do sistema.

FITONEMATOIDES

Fitonematoides de raízes

Ao pensar no SPD, no nematoide e na relação entre estes, podem-se ponderar, dentre alguns aspectos, dois que devem ser importantes e claros para o produtor, que precisa conviver com este sistema complexo (SPD + nematoide).

Os nematoides não conseguem deslocar-se por longas distâncias. Sua disseminação dentro de uma área ou entre áreas dá-se, sobretudo, pelo próprio homem, por meio de máquinas e implementos agrícolas. Portanto, em um SPD, onde se tem pouco movimento de máquinas, pode ocorrer

¹Eng. Agrônoma, D.Sc., Pesq. EPAMIG Oeste, Uberaba, MG, luciany@epamig.br

²Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EMBRAPA Soja, Londrina, PR, mauricio.meyer@embrapa.br



melhor controle na disseminação desses nematoides (INOMOTO; ASMUS, 2014).

Outro ponto importante a ser considerado é o fato de que fitonematoides são parasitas obrigatórios, portanto, precisam da planta para sobreviver. Neste sistema, onde se têm plantas sendo cultivadas o ano todo, a presença contínua de raízes disponíveis para o parasitismo pode vir a ser um problema. Assim, tem-se, a todo custo, que quebrar o ciclo de vida desses parasitas, ou seja, deve-se exterminá-los por inanição, pois sem alimento durante certo período a população diminuirá. Para isso, deve-se estabelecer a rotação com culturas não hospedeiras ou más hospedeiras (INOMOTO; ASMUS, 2014).

As espécies que causam os maiores danos ao cultivo da soja, no Brasil, são *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Heterodera glycines*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis* (FERRAZ, 2001).

H. glycines, apesar de ser uma das principais pragas da cultura da soja e estar amplamente disseminada nas regiões sojicultoras do País, é um fitoparasita com pouquíssimas plantas hospedeiras no Brasil, além da soja, o feijão e, recentemente, a *Crotalaria ochroleuca* (SOARES et al., 2015). Apesar disso, é de fácil convivência dentro do SPD, uma vez que há, ainda, diversas espécies vegetais, não hospedeiras, que podem ser utilizadas dentro desse sistema.

De forma semelhante comporta-se o *R. reniformis*, que, além da soja e do algodoeiro, também pode parasitar o abacaxizeiro, o feijoeiro, o maracujazeiro e outros. Embora alguns híbridos de milho multipliquem *R. reniformis*, em geral, a rotação com esta cultura contribui para reduzir a população do nematoide no solo (JUHÁSZ et al., 2013).

Nematoides com ampla gama de hospedeiros, como o das lesões radiculares (*P. brachyurus*), tidos até pouco tempo como nematoide secundário, podem ter sido privilegiados dentro do SPD. *P. brachyurus* é um nematoide endoparasi-

ta migrador e, por este motivo, permanece no interior das raízes, alimentando-se e multiplicando-se, até que estas sejam completamente degradadas. Após a morte das raízes, saem à procura de outras plantas para se alimentar.

Portanto, diante da dificuldade de encontrar plantas não hospedeiras para a rotação em áreas que convivem com este fitoparasita, a farta quantidade de raízes pode ter sido um dos principais motivos da crescente expansão dos problemas causados por esta espécie.

Os nematoides-das-galhas, *M. incognita* e *M. javanica*, também encontraram no SPD condições favoráveis para sobrevivência e aumento nas suas densidades populacionais.

O Brasil possui cultivares de soja com níveis variados de resistência a estas espécies. Porém, mesmo assim, em situações de populações elevadas, antes do plantio da soja, o agricultor não deve abrir mão do uso, em rotação, de espécie vegetal não hospedeira (JUHÁSZ et al., 2013).

Deve-se salientar que estas espécies estão entre os principais problemas fitosanitários de várias culturas de importância econômica, e quase todas as plantas daninhas também possibilitam a reprodução e a sobrevivência de uma ou de ambas

as espécies (BORGES, 2009). De modo geral, *M. javanica* tem ocorrência generalizada, enquanto *M. incognita* predomina em áreas cultivadas anteriormente com café ou algodão (JUHÁSZ et al., 2013).

Diante da variabilidade das espécies vegetais em multiplicar espécies de *Meloidogyne*, é de fundamental importância que se determine o potencial das culturas de cobertura em permitir a multiplicação, para o planejamento de um esquema eficiente de rotação de culturas (JUHÁSZ et al., 2013).

Fitonematoides da parte aérea

Foi anunciada em 2015, durante o VII Congresso Brasileiro de Soja, realizado em Florianópolis, SC, uma nova ameaça aos sojicultores brasileiros, que vem preocupando produtores, consultores e pesquisadores. Posteriormente, o agente causal da soja louca II foi identificado por Meyer et al. (2017), como sendo *Aphelenchoides besseyi* (Fig. 1).

Esta espécie faz parte de um grupo de nematoides da parte aérea, que tem importância relatada em pouquíssimas culturas, tais como a do feijão na Costa Rica (CHAVES et al., 2013) e, no Brasil, até o momento, em arroz (MARTINS; GONÇALO; LORDELO, 1976), em al-



Figura 1 - Fotomicrografia de *Aphelenchoides besseyi*

Luciany Favoreto

gumas plantas ornamentais (OLIVEIRA; KANAZAWA; CONSOLI, 2009), em morangueiro (QUEIROZ et al., 2014) e infectando sementes forrageiras (FAVORETO, 2008).

O estudo desse grupo de nematoides (*Aphelenchoides* spp.) vinha sendo negligenciado, provavelmente pelo baixo impacto econômico do seu ataque, quando comparado às demais espécies (*Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp., *H. glycines*). Entretanto, em decorrência da dimensão de lavouras de soja ameaçadas por esta nova doença, várias ações de pesquisa estão sendo realizadas para estudar, não só as formas de infecção na soja, como também em outras culturas e em plantas daninhas, por *A. besseyi* e, assim, definir estratégias de controle.

Até o momento, o que se sabe é que, apesar de possuir poucos hospedeiros dentro do sistema, este fitoparasita possui a peculiaridade de conseguir manter-se vivo, sem a planta hospedeira, alimentando-se e multiplicando-se em alguns fungos habitantes do solo, dentre estes, espécies de *Fusarium*, as quais têm sido muito utilizadas para multiplicação in vitro de *Aphelenchoides* spp. Um fator de reprodução do nematoide igual a 246x, em 30 dias, foi observado em culturas de *Fusarium* spp.

Em levantamento realizado, até o momento, observou-se que a soja louca II está presente em regiões com altas temperaturas e umidades, nos estados do Maranhão, Tocantins, Pará e norte do Mato Grosso, onde são estimadas reduções de produtividade rde até 60%, por causa do elevado índice de abortamento de flores e vagens e do alto porcentual de desconto pela presença de impurezas (MEYER, 2015).

As plantas, quando infectadas, apresentam folhas com coloração mais escura e menor pilosidade em relação às normais, afilamento das folhas do topo, formação de bolhas no limbo foliar (Fig. 2) e engrossamento das nervuras e dos nós (Fig. 3), vagens em número bem reduzido e com deformações, tais como engrossamento,

lesões necróticas marrons, rachaduras, menor pilosidade, apodrecimento e redução do número de grãos.

A distribuição de plantas doentes no campo pode-se apresentar em faixas,

reboleiras ou uniformemente distribuídas pela área (Fig. 4).

A soja louca II tem maior ocorrência em SPD, e observou-se que a dessecação antecipada com um mínimo de 20 dias e



Figura 2 - Diferença foliar entre plantas doentes e sadias



Figura 3 - Engrossamento das nervuras e dos nós

Maurício Conrado Meyer

Maurício Conrado Meyer



Maurício Conrado Meyer

Figura 4 - Plantas doentes uniformemente distribuídas na área

o controle de plantas daninhas logo após a emergência têm ajudado a diminuir o problema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da inegável complexidade do SPD em áreas que convivem com nematoides, é imprescindível que se façam escolhas corretas de sucessão de culturas no sistema, de forma que não aumente a população presente na área.

REFERÊNCIAS

BORGES, D.C. **Reação de culturas de cobertura utilizadas no Sistema de Plantio Direto ao nematoide das lesões *Pratylenchus brachyurus* e ao nematoide das galhas, *Meloidogyne incognita***. 2009. 44f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CHAVES, N. et al. *Aphelenchoides besseyi* Christie (Nematoda: Aphelenchoididae), agente causal del amachamiento del frijol común. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.38, n.3, p.243-252, maio/jun. 2013.

DENARDIN, J.E. et al. **Consórcio milho-braquiária como fator de intensificação de modelos de produção**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. 11p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 78). Versão on-line. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp78.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2017.

FAVORETO, L. **Taxonomia, interação patógeno-hospedeiro, estudo fitossanitário e denematização de sementes de gramíneas forrageiras**. 2008. 53f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

FERRAZ, L.C.C.B. As meloidogynoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA,

J.F.V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. cap.1, p-15-38.

INOMOTO, M.M.; ASMUS, G.L. Adubos verdes das famílias Fabaceae e Mimosaceae para o controle de fitonematoides. In: LIMA FILHO, O.F. de et al. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. v.1, cap.12, p.441-479.

JUHÁSZ, A.C.P. et al. Desafios fitossanitários para a produção de soja. **Informe Agropecuário**. Defesa vegetal e sustentabilidade para o agronegócio, Belo Horizonte, v.34, n.276, p.66-75, set./out. 2013.

MARTINS, J.F.S.; GONÇALO, J.F.P.; LORDELO, L.G.E. Tratamento químico de sementes de arroz visando a erradicação do nematoide *Aphelenchoides besseyi*. **O Solo**, São Paulo, v.68, n.1, p. 58-61, 1976.

MEYER, M.C. et al. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v.42, n.5, p.403-409, 2017.

OLIVEIRA, C.M.G.; KANAZAWA, T.Y.; CONSOLI, E.A. **Identificação molecular de *Aphelenchoides besseyi* em sementes de forrageiras**. São Paulo: Instituto Biológico, 2009. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=119>. Acesso em: 19 nov. 2009.

QUEIROZ, J.S. et al. Ocorrência de *Aphelenchoides* spp. no morango (*Fragaria vesca*) no município de Heitorai - Goiás. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA E EXTENSÃO DE CERES E VALE DE SÃO PATRÍCIO – SIMPEC, 2., 2014, Ceres, GO. **Anais...** [Ceres, GO: UEG, 2014].

SOARES, P.L.M. et al. Primeira ocorrência de *Heterodera glycines* R3 em *Crotalaria ochroleuca*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 32., 2015, Londrina. **Anais...** Nematologia: problemas emergentes e perspectivas. Londrina: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2015. p.80-81.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, trimestral, de caráter técnico-científico e tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa agropecuária, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, técnicos, extensionistas, empresários e demais interessados. Tem como finalidade a difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Publicações da EPAMIG e pela Comissão Editorial de Publicações, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá de um a três Editores técnicos, responsáveis pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados em CD-ROM ou por e-mail, no programa Microsoft Word, fonte Arial, corpo 12, espaço 1,5 linha, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

Os quadros devem ser feitos também em Word, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla Enter para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de um quadro.

Os gráficos devem ser feitos em Excel e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 6 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter autoria. Podem ser enviados, preferencialmente, os arquivos originais da câmera digital (para fotografar utilizar a resolução máxima). As fotos antigas devem ser enviadas em papel fotográfico (9 x 12 cm ou maior), cromo (slide) ou digitalizadas. As fotografias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm na extensão JPG.

Não serão aceitas fotografias já escaneadas, incluídas no texto, em Word. Enviar os arquivos digitalizados, separadamente, na extensão já mencionada (JPG, com resolução de 300 DPIs).

Os desenhos feitos no computador devem ser enviados na sua extensão original, acompanhados de uma cópia em PDF, e os desenhos feitos em nanquim ou papel vegetal devem ser digitalizados em JPG.

PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os colaboradores técnicos da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo Editor técnico, pela Revisão e pela Normalização. A não observação a essas normas trará as seguintes implicações:

- os colaboradores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- os colaboradores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo Editor técnico.

O Editor técnico deverá entregar ao Departamento de Informação Tecnológica (DPIT), da EPAMIG, os originais dos artigos em CD-ROM ou por e-mail, já revisados tecnicamente (com o apoio dos consultores técnico-científicos), 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão linguística e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer à seguinte sequência:

- título (português e inglês):** deve ser claro, conciso e indicar a ideia central, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses, fórmulas e nomes científicos que dificultem a sua compreensão;
- nome do(s) autor(es):** deve constar por extenso, com numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e e-mail.
Exemplo: Eng. Agrônomo, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul/Bolsista FAPEMIG, Lavras, MG, epamisul@epamig.br;
- resumo/abstract:** deve ser constituído de texto conciso (de 100 a 250 palavras), com dados relevantes sobre a metodologia, resultados principais e conclusões;
- palavras-chave/keywords:** devem constar logo após o resumo. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título;
- texto:** deve ser dividido basicamente em: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e focar o objetivo do artigo;
- agradecimento:** elemento opcional;
- referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicações da EPAMIG”, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

NOTA: Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicações da EPAMIG”. Para consultá-lo, acessar: www.epamig.br, em Publicações/Publicações Disponíveis ou Biblioteca/Normalização.



INFORME AGROPECUARIO

Tecnologias para o Agronegócio

INFORME AGROPECUARIO



INFORME AGROPECUARIO



Assinatura e vendas avulsas
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002

www.informeagropecuario.com.br



EPAMIG Empório

Vitrine de Tecnologias



O espaço **EPAMIG Empório** tem a proposta de aproximar colaboradores, visitantes e a sociedade das tecnologias produzidas pela Empresa. No **EPAMIG Empório** estas tecnologias estão disponibilizadas na forma de produtos para aquisição, demonstração e difusão de informações.



EPAMIG Empório - Vitrine de Tecnologias

Avenida José Cândido da Silveira, 1647

União - CEP 31170-495 - Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3489-5000 - www.epamig.br

EPAMIG Empório - Cândido Tostes

Rua Tenente Luiz de Freitas, 116

B. Santa Terezinha - CEP 36045-560 - Juiz de Fora - MG

Tel.: (32) 3225-5852 - epamigilct@epamig.br



Conheça os produtos com TECNOLOGIA EPAMIG

Queijos

Os produtos têm a qualidade e tradição do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, referência na América Latina.



Cafés de Qualidade

Café 100% Arábica, constituído como um blend de variedades nas versões Séries Ouro e Bronze.

Vinhos e Espumantes

As pesquisas da **EPAMIG** propiciaram um grande avanço no cultivo de uvas e na fabricação de sucos, vinhos finos e espumantes de qualidade com terroir mineiro.



Azeite Extravirgem

O azeite **EPAMIG**, primeiro tipo extravirgem produzido no Brasil, tem-se destacado em eventos nacionais e internacionais de gastronomia e atraído a atenção de chefs e apreciadores.



Publicações

A **EPAMIG** divulga ao público as tecnologias geradas pelas pesquisas por meio de publicações técnicas, com destaque para o **Informe Agropecuário**, uma das principais revistas do gênero no país.



www.expocafé.com.br

EXPOCAFÉ 2019

O AROMA inconfundível de BONS NEGÓCIOS

Venha participar da maior feira da cafeicultura nacional.

Cursos, dinâmicas de campo, novidades em máquinas e equipamentos, tecnologias para produção e muito mais!

14 DE MAIO
10º Simpósio de Mecanização da Lavoura Cafeeira

15 a 17 DE MAIO
Expocafé - de 08 às 18 horas

Informações

- Coordenação: (31) 3489-5067
- Comercialização: (31) 3379-4983
- Imprensa: (31) 3489-5023
- facebook.com/expocafeficial

EPAMIG MINAS GERAIS

Campo Experimental da EPAMIG
Rod. MG 167 - Km 6 - Três Pontas - MG

INFORME AGROPECUÁRIO

Tecnologias para o Agronegócio

Arroz: da colheita à mesa

Assinatura e vendas avulsas
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002
www.informegropecuario.com.br

EPAMIG MINAS GERAIS

EPAMIG Empório

Vitrine de Tecnologias

Conheça os produtos com **TECNOLOGIA EPAMIG**

Queijos
Os produtos têm a qualidade e tradição do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, referência na América Latina.

Cafés de Qualidade
Café 100% puro, selecionado como um blend de variedades nas regiões Seta Clara e Branca.

Vinhos e Espumantes
As pesquisas da EPAMIG proporcionam um grande avanço no cultivo de uvas e na fabricação de vinhos, vinhos finos e espumantes de qualidade com aroma suave.

Azeite Extravirgem
O azeite EPAMIG, produzido com castanhas produzidas no Brasil, tem se destacado em eventos nacionais e internacionais de gastronomia e atrai a atenção de chefs e apreciadores.

Publicações
A EPAMIG divulga ao público as tecnologias geradas pelas pesquisas por meio de publicações técnicas, com destaque para o Informe Agropecuário, uma das principais revistas do gênero no país.

EPAMIG MINAS GERAIS

EDIÇÃO ESPECIAL EXAME

MELHORES & MAIORES

As 1000 MAIORES EMPRESAS DO BRASIL

Emater-MG, a única empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Brasil a configurar entre as 400 maiores empresas do Agronegócio do país, pela revista Exame, edição Melhores e Maiores 2018

EPAMIG MINAS GERAIS

Informe Agropecuário, Folders, Boletim Técnico, Cartilhas, Circulares técnicas e Série Documentos

Confira no site
www.epamig.br

EPAMIG MINAS GERAIS

Veja no próximo INFORME AGROPECUÁRIO

Abacate: tecnologias de produção e benefícios à saúde

Fisiologia, morfologia e biologia reprodutiva do abacate

Métodos de multiplicação e manejo em viveiros

Nutrição

Aspectos técnicos para implantação e condução do pomar

Colheita e pós-colheita

Identificação e controle das principais doenças, insetos e ácaros-praga

Benefícios para a saúde

Extração do azeite de abacate

Leia e Assine o **INFORME AGROPECUÁRIO**
(31) 3489-5002
publicacao@epamig.br
www.informegropecuario.com.br

EPAMIG MINAS GERAIS

Manejo e gestão da propriedade cafeeira

Esta edição do Boletim Técnico retine, de forma simples e direta, orientações e recomendações a ser verificadas pelo cafeicultor em todas as etapas de produção.

A implementação das Boas Práticas de Manejo (BPM) e a gestão da propriedade de forma sustentável garantem a produção de café de qualidade e o sucesso da atividade.

Assinatura e vendas avulsas
www.informegropecuario.com.br
publicacao@epamig.br
(31) 3489-5002

EPAMIG MINAS GERAIS



Seja um parceiro da Tecnologia, anuncie no **INFORME AGROPECUÁRIO**

O Informe Agropecuário é uma publicação técnico/científica da EPAMIG que há mais de 40 anos é referência no meio agropecuário.

Contato: (31)3489-5002