

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Sistemas de Produção 17

Tecnologias de produção de soja

*Claudine Dinali Santos Seixas
Norman Neumaier
Alvadí Antonio Balbinot Junior
Francisco Carlos Krzyzanowski
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*
Editores Técnicos

**Embrapa Soja
Londrina, PR
2020**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass, s/n, acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Distrito da Warta, Londrina/PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretário-Executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Claudine Dinali Santos Seixas, José Marcos Gontijo Mandarino, Liliane Marcia Mertz-Henning, Marcelo Hiroshi Hirakuri, Mariangela Hungria da Cunha, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinatto Dall' Agnol*

Normalização bibliográfica: *Valéria de Fátima Cardoso*

Editoração eletrônica: *Vanessa Fuzinatto Dall' Agnol*

Fotos da capa: *RR Rufino (Arquivo Embrapa Soja)*

1^a edição

1^a impressão (2020): 5.000 exemplares

Todos os direitos reservados

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Soja

Tecnologias de Produção de Soja / Claudine Dinali Santos Seixas... [et al.] editores técnicos. – Londrina : Embrapa Soja, 2020.
347 p. - (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902 ; n. 17).

1. Sistema de produção. 2. Economia agrícola. 3. Produção agrícola. 4. Soja.
I. Seixas, Claudine Dinali Santos. II. Neumaier, Norman. III. Balbinot Junior, Alvadi Antonio. IV. Krzyzanowski, Francisco Carlos. V. Leite, Regina Maria Villas Bôas de Campos. VI. Série.

CDD: 633.34 (21. ed.)

Editores Técnicos

Alvadi Antônio Balbinot Junior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Claudine Dinali Santos Seixas

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia,
pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Francisco Carlos Krzyzanowski

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Tecnologia de Sementes,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Norman Neumaier

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador
da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia,
pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Autores

Ademir Assis Henning

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Patologia de Sementes,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Adeney de Freitas Bueno

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Adilson de Oliveira Júnior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de
Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Alexandre Lima Nepomuceno

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Biologia Molecular e
Fisiologia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Alvadi Antônio Balbinot Junior

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Álvaro Manuel Rodrigues Almeida

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Fitopatologia, pesquisador
aposentado da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Beatriz Spalding Corrêa-Ferreira

Bióloga, doutora em Entomologia, pesquisadora aposentada da Embrapa Soja, Londrina, PR.

César de Castro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Charles Martins de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

Clara Beatriz Hoffmann-Campo

Bióloga, Ph.D. em Botânica, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Cláudia Vieira Godoy

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Claudine Dinali Santos Seixas

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Daniel Ricardo Sosa-Gómez

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Décio Luiz Gazzoni

Engenheiro-agrônomo, mestre em Entomologia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Dionisio Luiz Pisa Gazziero

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Dirceu Klepker

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo,
pesquisador da Embrapa Cocais, Balsas, MA.

Edson Hirose

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Elemar Voll

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador
da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Fábio Álvares de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de
Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Fernando Augusto Henning

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência e Tecnologia de
Sementes, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Fernando Storniolo Adegas

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador
da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Fernando Teixeira de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia,
extensionista voluntário do Instituto Emater, Andirá, PR.

Francisco Carlos Krzyzanowski

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Tecnologia de Sementes,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Henrique Debiasi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Irineu Lorini

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

José de Barros França-Neto

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Tecnologia de Sementes, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

José Marcos Gontijo Mandarino

Farmacêutico-bioquímico, mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

José Miguel Silveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

José Renato Bouças Farias

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

José Salvador Simonetto Foloni

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agricultura, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Julio Cesar Franchini

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Larissa Alexandra Cardoso Moraes

Engenheira-agrônoma, doutora em Energia Nuclear na Agricultura, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Leila Maria Costamilan

Engenheira-agrônoma, mestre em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS.

Liliane Marcia Mertz-Henning

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Marcelo Hiroshi Hirakuri

Cientista da computação e Administrador, mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Marco Antônio Nogueira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Mariangela Hungria

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências do Solo, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Maurício Conrado Meyer

Engenheiro-agrônomo, doutor em Proteção de Plantas, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Norman Neumaier

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Osmar Conte

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Paulo Roberto Valle da Silva Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia,
pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR.

Rafael Major Pitta

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia,
pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT.

Rafael Moreira Soares

Engenheiro-agrônomo, doutor em Proteção de Plantas,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Samuel Roggia

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia,
pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Sergio Luiz Gonçalves

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador
da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Vera de Toledo Benassi

Engenheira de Alimentos, doutora em Ciência de
Alimentos, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Waldir Pereira Dias

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia,
pesquisador aposentado da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Apresentação

Atualmente, o Brasil é uma potência agrícola, destacando-se na produção de grãos, carnes e biocombustíveis, entre outros. A soja representa a principal oleaginosa anual produzida e consumida no mundo e é o principal produto do agronegócio brasileiro.

O gerenciamento eficiente do agronegócio da soja, por meio da adoção de tecnologias que visam reduzir riscos e custos e aumentar a produtividade de forma sustentável, com preservação do meio ambiente, tem importância fundamental, pois possibilita que a oleaginosa participe eficientemente de mercados cada vez mais globalizados e competitivos.

A publicação “Tecnologias de produção de soja” é resultado de um esforço da equipe técnica da Embrapa Soja, com base nos resultados de pesquisa aqui gerados nas últimas quatro décadas, bem como naqueles realizados em parceria efetiva com outras Unidades da Embrapa e demais Instituições de Pesquisa, Ensino e Extensão Rural.

Esta publicação destina-se, principalmente, aos profissionais da área da Assistência Técnica e Extensão Rural, de instituições oficiais e de empresas privadas envolvidas com o agronegócio da soja. Constitui-se em um conjunto de informações atualizadas que visa subsidiar os produtores de soja, cabendo aos técnicos fazer os ajustes e adaptações necessárias ao ambiente ou sistema de produção em que forem aplicadas.

A Embrapa e demais instituições parceiras esperam, assim, continuar contribuindo na busca de aumento da produção, da produtividade, da economia e da sustentabilidade dessa cultura no Brasil.

Ricardo Vilela Abdelnoor

Chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

Capítulo 1

O contexto econômico da produção de soja 15

Capítulo 2

Ecofisiologia da soja 33

Capítulo 3

Manejo do solo 55

Capítulo 4

Instalação da lavoura 81

Capítulo 5

Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção 93

Capítulo 6

Soja em sistema Integração Lavoura-Pecuária 119

Capítulo 7

Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja 133

Capítulo 8

Fixação biológica de nitrogênio 185

Capítulo 9

Manejo integrado de pragas 197

Capítulo 10	
Manejo de doenças.....	227
Capítulo 11	
Plantas daninhas e seu controle	265
Capítulo 12	
Tecnologia de aplicação de agrotóxicos.....	281
Capítulo 13	
Tecnologia de sementes	293
Capítulo 14	
Colheita e pós-colheita de grãos	317

Capítulo 1

O contexto econômico da produção de soja

Marcelo Hiroshi Hirakuri

Os preços internacionais dos produtos do complexo agroindustrial da soja

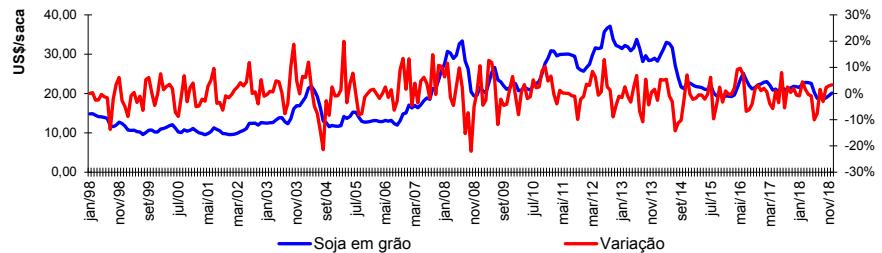
A partir da década de 2000, o crescimento econômico significativo e acelerado de grande parte dos países emergentes elevou o poder de compra da população. Com o incremento sustentado de renda, criou-se condições amplamente favoráveis para o evento mais impactante do cenário agrícola mundial, que foi o aumento contínuo na demanda por alimentos, especialmente por proteína animal. Foi nesse âmbito que as variáveis de oferta e demanda se tornaram os *drivers* do preço da soja na *CBOT* (Chicago Board of Trade), que é uma bolsa de mercadorias, referência no comércio mundial de soja e derivados.

A Figura 1 ilustra as séries históricas mensais (jan/1998 a dez/2018) dos preços de produtos do complexo agroindustrial da soja (grão, farelo e óleo), fixados na *CBOT*. A partir da referida figura, as seguintes inferências podem ser feitas sobre o comportamento desses preços:

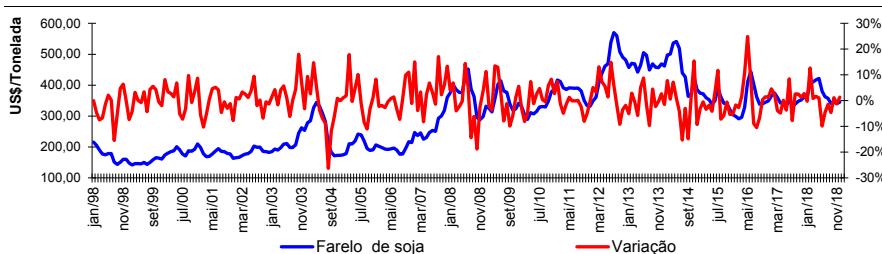
- Com as variáveis de oferta e demanda assumindo o papel de *driver* do mercado, os preços estabelecidos se tornaram bastante voláteis, o que pode ser

verificado pelos coeficientes de variação dos produtos, que ficaram entre 36,12% e 38,46%.

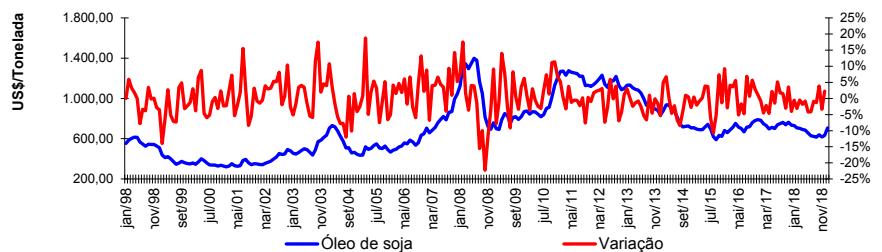
- Durante o período, vê-se que os preços da soja em grão seguiram uma trajetória ascendente até o ano de 2014, estimulados, sobretudo, pelo desequilíbrio na balança oferta/demandra. Esse desequilíbrio foi ocasionado por quebras na safra da oleaginosa devido a eventos climáticos, notadamente entre os anos agrícolas 2007/2008 e 2013/2014.
- Entre as safras 2014/2015 e 2017/2018, as condições climáticas foram favoráveis para grande parte dos principais países produtores de soja, sobre tudo Estados Unidos e Brasil, propiciando produções mundiais substanciais. Nesse cenário, os preços da soja em grão recuaram significativamente em 2015, mantendo relativa estabilidade até dezembro de 2018 (Figura 1a). Entretanto, em um patamar superior ao período de 1998 a 2006.
- Não obstante as variáveis de oferta e demanda constituírem o driver do mercado atual de grãos e oleaginosas, outras variáveis podem causar interferências no fluxo de valor das cotações. Por exemplo, movimentos estratégicos podem influir no mercado, como a realização de lucros, em que investidores realizam vendas em um momento de valorização para obter ganhos financeiros.
- Embora o farelo seja o principal produto derivado da soja e o que mais contribui para a liquidez da *commodity*, os novos mercados do óleo (ex. biodiesel) tornaram esse produto mais competitivo, podendo causar oscilações em suas cotações no mercado internacional e interno.



(a) Cotações da soja em grão



(b) Cotações do farelo de soja



(c) Cotações do óleo de soja

Estatística	Soja em grão	Farelo de soja	Óleo de soja
	(US\$/saca)	(US\$/t)	(US\$/t)
Média	19,49	298,34	707,95
Máximo	37,13	569,94	1.398,98
Mínimo	9,54	141,98	320,66
Coeficiente de variação	37,19%	36,12%	38,46%

(d) Volatilidade dos preços

Figura 1. Evolução dos preços dos produtos do complexo agroindustrial da soja na CBOT (jan/1998 a dez/2018).

Fonte: Elaborado a partir de dados da Abiove (2019).

A produção de soja no Brasil

Na Figura 2, observa-se a distribuição espacial da soja no Brasil. Nota-se um importante contraste entre as duas principais regiões produtoras de soja. Na Região Sul prevalecem microrregiões que são formadas por vários municípios com pequena área territorial, onde as sedes estão relativamente próximas umas às outras. De outra forma, a região Centro-Oeste é formada por microrregiões, cujos municípios possuem áreas significativas e sedes mais distantes umas das outras. Esse aspecto, quando integrado a outros, como, por exemplo, capacidade de armazenagem e eficiência dos modais de transportes, tem reflexos nas cadeias produtivas, impactando em fatores fundamentais para o desenvolvimento regional, como estrutura fundiária, tipos de indústrias (ex. cooperativas agroindustriais, empresas nacionais, organizações transnacionais, etc.), modelo agroindustrial (nível de integração vertical e diversificação dos negócios), logística agropecuária e custos de serviços essenciais (ex. frete agrícola), entre outros.

Não obstante as regiões Sul e Centro-Oeste concentrarem 78,2% da área nacional de soja, na Figura 2 observa-se que a soja também tem ampliado sua fronteira no Norte e no Nordeste do País, sobretudo na região conhecida como MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e no estado do Pará, que em razão das características edafoclimáticas, necessita de tecnologias mais adaptadas à realidade local (Hirakuri et al., 2018).

A produção brasileira de soja apresentou uma taxa geométrica de crescimento anual de 6,2% entre as safras agrícolas 2000/2001 e 2017/2018, o que fez a quantidade colhida mais do que triplicar, saltando de 38,4 milhões para 119,3 milhões de toneladas. Para tanto, dois elementos tiveram grande importância: área e produtividade.

A área nacional apresentou um crescimento significativo no período (4,6% a.a.), passando de 14,0 milhões para 35,1 milhões de hectares (Mha), assim como a produtividade (1,5% a.a.), que na safra 2000/2001 foi de 2.751 kg/ha, saltando para 3.394 kg/ha na safra 2017/2018. Como consequência do aumento de produtividade e área, o Brasil obteve recordes de produção quase sucessivos (Tabela 1). Isso causou fortes e

sustentáveis impactos positivos na balança comercial brasileira, com o complexo agroindustrial da soja liderando as exportações do agronegócio, alcançando US\$ 40,7 bilhões no ano de 2018 (Brasil, 2019).

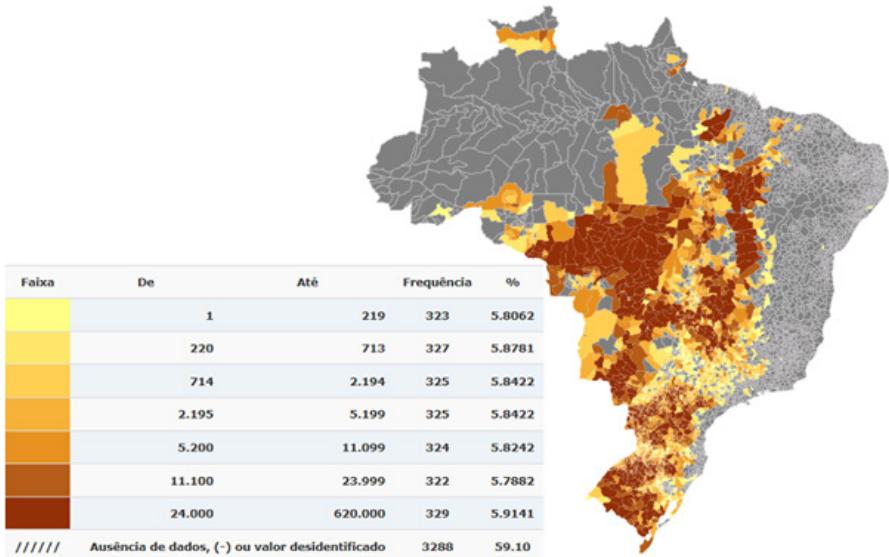


Figura 2. Distribuição espacial da soja no Brasil – safra 2016/2017.

Fonte: IBGE [2018].

A soja representou 52,4% da produção total de grãos do País na safra 2017/2018. Conforme destacado, o cultivo da soja está concentrado nas regiões Sul e Centro-Oeste, que possuem os cinco estados maiores produtores nacionais da cultura, Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul.

Embora os incrementos de área e produção nas regiões Centro-Oeste e Sul sejam os mais significativos em valores absolutos, no período indicado na Tabela 1, quando se considera as taxas de crescimento, verifica-se um avanço significativo de área e produção nas regiões Norte (16,4% e 17,5% a.a.) e Nordeste (7,1% e 8,8% a.a.). Isso ocorreu, sobretudo, em função do crescimento da sojicultura na Região do MATOPIBA e no Pará, que possuem áreas significativas com condições favoráveis à expansão da fronteira agrícola, notadamente em áreas de pastagens degradadas (Hirakuri et al., 2018). Além disso, ressalta-se que essas re-

giões também tiveram evolução destacada na produtividade, que já são similares aos valores alcançados por grandes produtores nacionais, tais como o Mato Grosso, em condições edafoclimáticas favoráveis.

Tabela 1. Evolução da área, produção e produtividade de soja nas regiões brasileiras.

Região	Variável	Safras				Peso (%)	TGC (%)
		2000/ 2001	2009/ 2010	2016/ 2017	2017/ 2018		
Norte	Área (mil ha)	91,7	574,9	1.809,0	1.931,7	5,5	16,4
	Produção (mil t)	216,6	1.691,7	5.536,4	5.903,9	4,9	17,5
	Produtividade (kg/ha)	2.362,0	2.943,0	3.060,5	3.056,0	-	1,0
Nordeste	Área (mil ha)	962,6	1.861,7	3.095,8	3.263,5	9,3	7,1
	Produção (mil t)	2.075,9	5.309,5	9.644,7	11.850,7	9,9	8,8
	Produtividade (kg/ha)	2.157,0	2.852,0	3.115,4	3.631,3	-	1,5
Centro-Oeste	Área (mil ha)	5.759,5	10.539,2	15.193,6	15.648,8	44,5	4,9
	Produção (mil t)	17.001,9	31.586,7	50.149,9	53.945,4	45,2	5,8
	Produtividade (kg/ha)	2.952,0	2.997,0	3.300,7	3.447,3		0,9
Sudeste	Área (mil ha)	1.172,0	1.591,2	2.351,4	2.470,1	7,0	3,2
	Produção (mil t)	2.873,9	4.457,6	8.151,5	8.955,0	7,5	4,9
	Produtividade (kg/ha)	2.452,0	2.801,0	3.466,7	3.625,4	-	1,7
Sul	Área (mil ha)	5.984,0	8.900,9	11.459,6	11.835,1	33,7	3,4
	Produção (mil t)	16.263,5	25.642,7	40.592,8	38.626,7	32,4	5,8
	Produtividade (kg/ha)	2.718,0	2.881,0	3.542,2	3.263,7	-	2,3
Brasil	Área (mil ha)	13.969,8	23.467,9	33.909,4	35.149,2	100,0	4,6
	Produção (mil t)	38.431,8	68.688,2	114.075,3	119.281,7	100,0	6,2
	Produtividade (kg/ha)	2.751,0	2.927,0	3.364,1	3.393,6	-	1,5

TGC: Taxa Geométrica de Crescimento

Fonte: Conab (2019).

Comportamento dos preços pagos e recebidos no Brasil

Os preços pagos e recebidos pelo produtor são fontes de grandes incertezas, pois tendem a apresentar acentuadas variações, influenciadas por diferentes variáveis, sobretudo de origem econômica e ambiental.

A Tabela 2 traz a variação temporal dos preços de recursos produtivos utilizados na produção de soja, assim como o preço de venda da oleaginosa. A estatística considera o levantamento trimestral realizado pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná, durante o período de fev/2002 a nov/2018 (Paraná, 2019a; 2019b). Essa fonte de dados foi adotada por representar uma sólida base de dados de preços históricos, recebidos e pagos pela agropecuária.

Tabela 2. Taxa de crescimento no preço da soja e de recursos produtivos no estado do Paraná - fev/2002 a nov/2018.

Item	TGC ⁽¹⁾ trimestral
Soja (saca 60 kg)	0,0%
Trator 105-110 cv	-0,6%
Colhedora 170-180 cv	-0,8%
Arrendamento de terra	0,8%
Operador de máquina	0,8%
Fertilizante (02-20-20)	-0,2%
Semente de soja	0,7%
Herbicida Glifosato ⁽²⁾	-1,5%
Inseticida Acefato ⁽³⁾	-2,1%

⁽¹⁾ TGC: Taxa Geométrica de Crescimento; ⁽²⁾ Roundup® Transorb; ⁽³⁾Orthene 750 BR.

Nota: preços corrigidos pelo IGP-DI

Fonte: adaptado da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (Paraná 2019a; 2019b).

Ao realizar a correção monetária, utilizando como índice o IGP-DI, observa-se que os valores não evoluíram no período, pois apresentaram taxa geométrica de crescimento (TGC) trimestral próxima de zero. Em outros termos, ao considerar a inflação, utilizando o IGP-DI como fator de cor-

reção monetária, tem-se que o preço de venda da soja não cresceu em valores reais, entre fevereiro de 2002 e novembro de 2018.

Com a evolução do agronegócio brasileiro, as propriedades agropecuárias se transformaram em empreendimentos financeiros. Nesse sentido, houve destacado aumento de eficiência no uso da terra, recurso fundamental para a sustentabilidade desses empreendimentos. O desdobramento disso foi o ganho de competitividade da prática produtiva, especialmente para sistemas agrícolas que contemplam *commodities* que contam com o apoio de cadeias produtivas fortalecidas e mercado internacional favorável, como é o caso da soja. Nesse contexto, as propriedades agrícolas tiveram ampla valorização, de tal modo que a terra¹, representada pelo arrendamento, apresentou significativa evolução de preço no período, com TGC de 0,8% ao trimestre.

A introdução do conceito de negócios e a modernização agrícola criaram a necessidade de especializar a mão de obra. Entre os impactos mais significativos dessa mudança de contexto estão os ganhos sociais, como as melhorias nas condições de trabalho e o avanço nos valores mensais recebidos pelos funcionários agrícolas, que apresentaram TGC de 0,8% ao trimestre, no Paraná.

Um insumo que tem aumentado sua participação na formação dos custos de produção é a semente. O desenvolvimento de cultivares de ciclo precoce e adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas e a sementadura antecipada permitiram o estabelecimento de mais de uma espécie vegetal por safra em várias regiões agrícolas do Brasil. Contudo, especialistas da cadeia produtiva destacaram que os *royalties* definidos pelas obtentoras das cultivares e as substanciais taxas tecnológicas cobradas pelas empresas obtentoras de tecnologias transgênicas impactaram no aumento significativo do preço das sementes, que apresentou TGC de 0,7% ao trimestre no estado do Paraná.

¹Utilizou-se o valor de arrendamento como parâmetro em razão da descontinuidade no levantamento de preços de terra, em 2018, decorrente de mudanças no método adotado pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná.

Segundo avaliações econômico-financeiras de safras, os insumos representam o principal componente de custo na produção de soja (Hirakuri, 2017; Hirakuri et al., 2018), sendo que, em grande parte das regiões produtoras, os dispêndios com adubação são os mais representativos. Conforme descrito em painéis com especialistas da cadeia produtiva da soja, uma vez que o preço dos fertilizantes não sofreu avanços substanciais, como os preços de outros insumos (ex. sementes), a manutenção desse status se deveu, sobretudo, ao aumento no uso do insumo por unidade de área.

O maior uso de fertilizantes, por unidade de área, tem forte relação com a capitalização do produtor, que cria um cenário favorável para intensificar investimentos que tenham o propósito de aumentar a produtividade da lavoura de soja. Esse maior uso dos fertilizantes pode ser mais bem entendido pela necessidade de viabilizar incrementos de produtividade, bem como a expansão da cultura em áreas marginais, como as pastagens degradadas (Hirakuri, 2018).

Em relação aos agrotóxicos utilizados no tratamento fitossanitário das lavouras de soja, dois insumos possuem uma série ininterrupta de preços no período considerado: glifosato (herbicida) e acefato (inseticida), cujos preços corrigidos recuaram no período. Sobre esse aspecto, especialistas da cadeia produtiva da soja relataram em painéis que, embora os preços de alguns produtos tenham recuado, o número de aplicações e as doses utilizadas cresceram nos últimos anos, de tal forma que o custo desse tipo de insumo tem se mostrado representativo (vide seção 4).

Alguns agrotóxicos passaram a ser comercializados após fevereiro de 2002, sendo muito utilizados na sojicultura, com destaque para os fungicidas, visando o controle de doenças da soja, principalmente a ferrugem-asiática. Em razão da perda de eficiência de controle ao longo dos anos, esses fungicidas foram se alternando no mercado e, por isso, não possuem longas séries de preços, não sendo possível avaliar seu comportamento em um prazo mais longo, como aquele da Tabela 2.

Em relação às máquinas agrícolas, os valores de um trator de 105–110 cv e de uma colhedora de 170–180 cv apresentaram uma retração no

período considerado. Referente a esse aspecto, enfatiza-se que a produção de grãos com altas produtividades cria a necessidade da aquisição de novos conjuntos de máquinas e equipamentos, como tratores, colhedoras, plataformas, plantadeiras, semeadoras e distribuidores de adubo, entre outros. Nesse sentido, embora o preço real de algumas máquinas e equipamentos tenham apresentando recuo no período considerado, a aquisição de maquinário novo depende de um aporte substancial de capital, o que é inviável para muitos agricultores.

Gestão da propriedade: a remuneração do produtor

Um dos grandes desafios enfrentados pela agropecuária é a produção sustentável, tanto na dimensão ambiental quanto na econômica, possível não somente por meio do avanço tecnológico nos elos da cadeia produtiva, mas principalmente pela gestão eficiente do processo produtivo. No cenário atual, a viabilidade econômica é garantia fundamental, não apenas para a sobrevivência do produtor rural, mas também para o desenvolvimento das atividades agropecuárias adotadas em seu empreendimento, tais como produção vegetal e pecuária, dentre outras.

Para que o produtor rural maximize seu desempenho econômico-financeiro, em meio à instabilidade do mercado de *commodities*, torna-se primordial a gestão eficiente do seu negócio, que deve estar fundamentada em um fluxo eficiente de receitas (gestão mercadológica-comercial), na minimização de custos (gestão de custos), no uso eficiente dos fatores de produção, na otimização do espaço produtivo e no aumento dos níveis de produtividade. Especialmente em relação ao mercado de soja, pode-se afirmar que o mesmo é circundado por incertezas de ordem econômica, agronômica, climática, cultural e ecológica. Conforme vislumbrado na Tabela 2, diversos recursos produtivos têm influência na viabilidade econômica e financeira de um determinado cultivo.

No que tange ao processo de comercialização, os mercados podem ser classificados em quatro tipos básicos: mercado físico (disponível), mercado a termo, mercado futuro e mercado de opções (Brasil, 2019).

O mercado físico envolve um processo de negociação que culmina na entrega de produtos por valores monetários, à vista ou a prazo. De outra forma, no mercado a termo ocorre a venda do produto com entrega futura, em uma data pré-determinada, com liquidação no vencimento. O mercado futuro é uma evolução do mercado a termo, que consiste na obrigação de entregar ou receber uma determinada quantidade de uma mercadoria, com preço e qualidade estipulados, para liquidação futura. Por fim, no mercado de opções, negocia-se o direito de comprar ou vender um bem a um preço fixo numa data futura, em que o adquirente do direito deve pagar um prêmio ao vendedor, que representa a opção de compra ou venda (Mercado..., 2015).

A gestão mercadológica atende a diferentes objetivos estratégicos, dentre os quais: proteção de preços, diversificação de riscos, obtenção de recursos, alavancagem de ganhos, financiamento de investimentos e aumentos de receita. Nesse sentido, estratégias comerciais serão vitais para o negócio agrícola. Não obstante a gestão comercial ser fundamental para a remuneração do produtor, outro aspecto essencial para o sucesso do negócio agrícola é a gestão de custos, pois a mesma permitirá: (a) definir as necessidades de financiamentos e investimentos; (b) estipular os preços de venda que atendam às suas perspectivas de lucro; (c) verificar se o contexto mercadológico permitirá a fixação dos preços desejados, independentemente do tipo de contrato (físico, a termo, futuro ou opções); (d) determinar aspectos produtivos (itens de custo) mais impactantes no resultado econômico-financeiro; (e) definir como os dispêndios podem ser reduzidos para atender aos objetivos econômico-financeiros.

Os dados apresentados na Tabela 3 permitem uma avaliação econômico-financeira da produção de soja na safra 2018/2019, em duas microrregiões relevantes para a sojicultura nacional, Santa Maria da Vitória (BA) e Canarana (MT), com o propósito de construir um quadro que auxilie na gestão da propriedade agrícola. A avaliação utilizou o método definido em Hirakuri (2017), para soja RR1 e Intacta RR2 PRO®, adotando três cenários de produtividade: (a) modal, que considera os rendi-

mentos mais comumente obtidos na região; (b) superior, que geralmente reflete uma condição climática favorável, que permite ganho moderado de rendimento; (c) inferior, que considera, principalmente, uma condição climática desfavorável, que leva a uma quebra moderada de safra. Os coeficientes técnicos foram obtidos em painéis com especialistas da cadeia produtiva da soja, que atuam nas microrregiões avaliadas.

Tabela 3. Resultados econômico-financeiros da produção de soja Intacta RR2 PRO e Soja RR1, em duas regiões, safra 2018/2019, em R\$/ha.

Microrregião de Santa Maria da Vitória			
Soja Intacta RR2 PRO®			
Item de custo	Produtividade modal (3.000 kg/ha)	Produtividade superior (3.300 kg/ha)	Produtividade inferior (2.700 kg/ha)
Insumos	1.698,05	1.698,05	1.698,05
Operações mecanizadas	280,93	280,93	280,93
Serviços, taxas e benfeitorias	621,33	628,83	613,83
Custo operacional	2.600,31	2.607,81	2.592,81
Receita de vendas	3.250,00	3.575,00	2.925,00
Lucro operacional	649,69	967,19	332,19
Soja RR1			
Item de custo	Produtividade modal (3.000 kg/ha)	Produtividade superior (3.300 kg/ha)	Produtividade inferior (2.700 kg/ha)
Insumos	1.701,92	1.701,92	1.701,92
Operações mecanizadas	280,93	280,93	280,93
Serviços, taxas e benfeitorias	621,48	628,98	613,98
Custo operacional	2.604,33	2.611,83	2.596,83
Receita de vendas	3.250,00	3.575,00	2.925,00
Lucro operacional	645,67	963,17	328,17

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Microrregião de Canarana			
Soja Intacta RR2 PRO®			
Item de custo	Produtividade modal (3.300 kg/ha)	Produtividade superior (3.600 kg/ha)	Produtividade inferior (3.000 kg/ha)
Insumos	1.525,98	1.525,98	1.525,98
Operações mecanizadas	227,99	227,99	227,99
Serviços, taxas e benfeitorias	632,54	651,31	613,77
Custo operacional	2.386,51	2.405,28	2.367,74
Receita de vendas	3.528,00	3.843,00	3.213,00
Lucro operacional	1.141,49	1.437,72	845,26
Soja RR1			
Item de custo	Produtividade modal (3.300 kg/ha)	Produtividade superior (3.600 kg/ha)	Produtividade inferior (3.000 kg/ha)
Insumos	1.522,32	1.522,32	1.522,32
Operações mecanizadas	227,99	227,99	227,99
Serviços, taxas e benfeitorias	632,41	651,17	613,64
Custo operacional	2.382,72	2.401,48	2.363,95
Receita de vendas	3.528,00	3.843,00	3.213,00
Lucro operacional	1.145,28	1.441,52	849,05

Os custos operacionais se mostram bastante significativos, sendo que os insumos têm sido o dispêndio com maior impacto no resultado econômico-financeiro da produção de soja das últimas safras (Hirakuri, 2017; Hirakuri et al., 2018). Nas microrregiões consideradas, os gastos com aquisição de insumos variaram entre R\$ 1.522,32 por hectare a R\$ 1.701,92 por hectare, na safra 2018/2019, destacando que o custo operacional da soja RR1 e soja Intacta RR2 PRO® ficaram muito próximos, não sendo relatada nenhuma diferença consistente de produtividade entre as tecnologias. Os especialistas relataram que os custos operacionais têm se mostrado crescentes, sobretudo pelo incremento nos gastos com sementes e agrotóxicos utilizados nos tratos culturais.

Os custos com a aquisição de sementes foram substanciais, variando: (a) entre R\$ 165,30 por hectare (microrregião de Canarana) e R\$ 192,19 por hectare (microrregião de Santa Maria da Vitória) para a soja RR1; (b) entre R\$ 305,05 por hectare (microrregião de Canarana) e 315,34 por hectare (microrregião de Santa Maria da Vitória) para a soja Intacta RR2 PRO®. Assim, a semente, que há uma década representava menos de 10% do custo com aquisição de insumos, conforme enfatizado pelos especialistas, atualmente, tem representado entre 10% e 20%, nas regiões avaliadas.

O dispêndio com aquisição de agrotóxicos, adjuvantes, óleos e produtos utilizados no tratamento de sementes, foi significativo e o mais representativo na microrregião de Santa Maria da Vitória. Para a soja RR1, tal custo variou entre R\$ 599,89 por hectare, estimado na microrregião de Canarana e R\$ 826,54 por hectare, observado na microrregião de Santa Maria da Vitória. Em decorrência da redução na frequência de uso de inseticidas, o custo com aquisição de agrotóxicos na soja Intacta RR2 PRO® variou entre R\$ 463,80 por hectare e R\$ 699,51 por hectare, nas microrregiões de Canarana e Santa Maria da Vitória, respectivamente.

Embora os agrotóxicos tenham puxado a elevação dos gastos na sojicultura, os fertilizantes também merecem destaque na formação dos custos operacionais, sendo os mais representativos na microrregião de Canarana, quando se agrupa adubo, calcário e inoculantes (sendo esse último, pouco significativo). O custo agregado desses produtos alcançou R\$ 683,20 por hectare na microrregião de Santa Maria da Vitória e R\$ 757,13 por hectare na microrregião de Canarana.

A partir da avaliação econômico-financeira da produção de soja na safra 2018/2019, tem-se três operações que surgem como aspectos chaves no processo de decisão associado às tecnologias de produção a serem empregadas pelo sojicultor: (1) manejo da adubação; (2) semeadura; (3) manejo fitossanitário.

Em relação à fertilidade do solo e à nutrição da planta de soja, a partir da análise de solo e outras análises adicionais (ex. análise foliar), o produtor

tem que considerar fatores como as características edafoclimáticas de cada região, as necessidades das culturas que compõem os sistemas de produção regionais, a qualidade físico-química do solo, o nível esperado de produtividade, o valor do dispêndio a ser assumido e o risco de quebras de produção, dentre outros, para estabelecer a estratégia de adubação que permitirá maximizar a sua renda. Outra questão importante e pouco percebida é o manejo do solo e da cultura, com práticas que permitem melhorar os rendimentos dos cultivos ou minimizar os efeitos adversos do clima, aumentando a sustentabilidade dos sistemas de produção.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas tem se tornado um dos principais riscos à sojicultura e um dos maiores problemas da gestão do negócio agrícola. A baixa utilização do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e a falsa percepção de que o maior uso de agrotóxicos garante aumento de produtividade têm levado a um uso abusivo de inseticidas, gerando desequilíbrios ecológicos significativos no sistema produtivo, sobretudo pela morte dos insetos benéficos e pela seleção de pragas resistentes.

Essa situação é favorável para surtos de pragas, sejam aquelas já conhecidas pelos produtores (ex. falsa-medideira, mosca-branca e percevejo-marrom) ou pragas novas para a sojicultura (e.g *Helicoverpa armigera*). O desdobramento dessa pressão exercida por pragas vem sendo o aumento na frequência de uso e dose de inseticidas, muitas vezes sem critérios técnicos, o que agravou mais ainda o manejo de insetos-praga nos sistemas de produção de grãos. Esse quadro fez com que os inseticidas deixassem de ser um item pouco representativo nos gastos com produção de soja e se tornassem, em diversas regiões brasileiras, o insumo mais representativo na formação dos custos operacionais.

Com relação às plantas daninhas, biótipos resistentes e as plantas voluntárias se tornaram um problema constante na sojicultura nacional, pois se espalharam por diversas regiões do País, contribuindo, assim, para a manutenção ou incremento de custos elevados com insumos.

Por fim, a ferrugem-asiática, o mofo-branco e algumas outras doenças foliares continuam tendo o controle químico como base dos programas de manejo, o que também tem contribuído para a elevada representatividade dos agrotóxicos nos custos de produção, principalmente em anos com condições climáticas favoráveis às doenças.

O avanço em melhoramento genético tem permitido o desenvolvimento de um amplo conjunto de cultivares de soja, adaptado às diferentes regiões produtoras do Brasil. Contudo, os custos com a aquisição de sementes de soja aumentaram significativamente, grande parte em função dos *royalties* e das elevadas taxas tecnológicas cobradas, conforme relatado por especialistas da cadeia produtiva. Desse modo, o sojicultor deverá avaliar o ganho econômico real e os custos vinculados às cultivares de soja para proceder a sua decisão sobre a melhor tecnologia para as suas realidade e região. Além disso, para pulverizar riscos, o produtor também pode decidir por uma combinação entre as tecnologias oferecidas pelas empresas obtentoras, realçando que existem plataformas de cultivares livres de parte das taxas tecnológicas, como é o caso das cultivares convencionais e cultivares RR1.

O mercado aquecido gera impactos positivos para a sojicultura brasileira, tais como o aumento das receitas de vendas. Porém, determinados aspectos devem ser levados em conta na administração do negócio agrícola, como, por exemplo, os dispêndios ocorridos com insumos, terra e serviços contratados. Nesse sentido, ressalta-se que é necessária uma gestão eficiente de custos para garantir o sucesso do negócio rural.

Referências

ABIOVE. Brasil - Complexo Soja - Setor Processador. 2019. Disponível em: <http://abiove.org.br/wp-content/uploads/2019/10/est_2019_09_br.xlsx>. Acesso em: 16 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROSTAT: Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. 2019. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

CONAB. Brasil - Séries históricas de produção. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/item/download/29401_d89425455bf9ec6c3cdf29001e164f25> . Acesso em: 16 mar. 2019.

HIRAKURI, M. H. Avaliação econômica da produção de soja nos Estados do Paraná e Rio Grande do Sul na safra 2016/17. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 14 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 126).

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CAMPOS, L. J. M. Análise financeira da produção de soja na macrorregião sojícola 5. In: **HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (Ed.). Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 5.** Londrina: Embrapa Soja, 2018. p. 63-98.

IBGE. SIDRA. Produção agrícola municipal. [2018]. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>> . Acesso em: 16 mar. 2019.

MERCADO de derivativos no Brasil: conceitos, produtos e operações. Rio de Janeiro: BM&FBOVESPA/CVM, 2015. 117 p. Disponível em: <<https://www.investidor.gov.br/portaldoinvestidor/export/sites/portaldoinvestidor/publicacao/Livro/Livro-TOPDerivativos.pdf>> . Acesso em: 17 mar. 2019.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Preços médios nominais mensais recebidos pelos produtores no Paraná. 2019a. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-11/pmrp_0.xls> . Acesso em: 9 dez. 2019.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Pesquisa de preços pagos pelos produtores. 2019b. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/ppp_0.xls> . Acesso em: 9 dez. 2019.

Capítulo 2

Ecofisiologia da soja

*Norman Neumaier, José Renato Bouças Farias,
Alexandre Lima Nepomuceno, Liliane Marcia
Mertz-Henning, José Salvador Simonetto Foloni,
Larissa Alexandra Cardoso Moraes, Sérgio Luiz
Gonçalves*

Estádios fenológicos da soja

Pela descrição dos estádios fenológicos da soja é possível relacionar o seu desenvolvimento com as necessidades da cultura. Fehr e Caviness (1977) propuseram uma divisão do ciclo da soja em estádios vegetativos (V) e estádios reprodutivos (R) (ver Anexo 1, ao final publicação). Estádios específicos são identificados por números, após o V ou o R. VE (emergência) e VC (cotilédone) são identificados apenas por letras.

Estádios vegetativos

Os estádios vegetativos (V) descrevem e caracterizam o desenvolvimento vegetativo. O primeiro deles é o VE (emergência) e acontece quando os cotilédones estão acima da superfície do solo em um ângulo $\geq 90^\circ$ em relação ao hipocótilo (Figura 1A).

O segundo estádio vegetativo é o VC, que acontece quando os cotilédones se encontram completamente abertos e expandidos, ou seja, quando as bordas das folhas unifolioladas não mais se tocam.

A partir do VC, Fehr e Caviness (1977) caracterizam os estádios vegetativos, usando o desenvolvimento da folha imediatamente acima. O folíolo jovem se assemelha a um cilindro e, à medida que se desenvolve, se desenrola, separando suas bordas até a completa abertura. É considerada completamente desenvolvida uma folha aberta e cujas bordas dos folólos da folha do nó imediatamente superior não mais se tocam (Figura 1B). A folha apical é considerada completamente desenvolvida quando está aberta e de aspecto semelhante às folhas abaixo dela.

Fotos: Norman Neumaier



Figura 1. (a): Soja em estádio VE (emergência); (b): V1 - Folíolos com bordas que não mais se tocam.

Exceto para VE e VC, as subdivisões dos estádios vegetativos são numeradas na sequência: V1, V2, V3, V4, V5, V6,..., Vn, a partir do primeiro nó com folhas verdadeiras completamente desenvolvidas (Tabela 1).

Tabela 1. Estadios vegetativos da soja.

Estádio	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo
VC	Cotilédone	Cotilédones completamente abertos
V1	Primeiro nó	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas
V2	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V3	Terceiro nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida
V4	Quarto nó	Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida
V5	Quinto nó	Quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida
V6	Sexto nó	Quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida
V...
Vn	Enésimo nó	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida

Obs.: Uma folha é considerada completamente desenvolvida quando as bordas dos trifólios da folha seguinte (acima) não mais se tocam.

Fonte: adaptado de Fehr e Caviness (1977).

Portanto, uma plântula em V1 apresenta as folhas unifolioladas (opostas, no primeiro nó foliar) (Figura 1B) completamente desenvolvidas, ou seja, as bordas dos folíolos da primeira folha trifoliolada não mais se tocam. De forma semelhante, uma planta em V2 apresenta a primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida, isto é, quando as bordas dos folíolos da segunda folha trifoliolada não mais se tocam (Figura 2). E assim, sucessivamente, para V3, V4, V5, V6, ... Vn (Tabela 1).

Foto: Norman Neumair



Figura 2. Soja em estádio V2.

Estádios reprodutivos

Os estádios reprodutivos (R) descrevem o período florescimento-maturação, com a letra R seguida dos números 1 até 8. O período reprodutivo apresenta quatro fases: florescimento (R1 e R2), desenvolvimento de vagens (R3 e R4), desenvolvimento de grãos (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8) (Tabela 2).

Tabela 2. Estadios reprodutivos da soja.

Estádio	Denominação	Descrição
R1	Início do Florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta em um dos dois últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R3	Início da formação das vagens	Vagem com 5 mm de comprimento em um dos quatro últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R4	Vagens completamente desenvolvidas	Vagens com 2 cm de comprimento num dos quatro últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida
R5	Início do enchimento de grãos	Grãos com 3 mm de comprimento em vagens num dos quatro últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R6	Grãos cheios ou completos	Vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos quatro últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida
R7	Início da maturação	Uma vagem normal no caule com coloração de madura
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura

Obs: Caule = haste principal; Últimos nós = nós superiores; Folha completamente desenvolvida = bordas dos trifólios da folha seguinte (acima) não mais se tocam.

Fonte: adaptado de Fehr e Caviness (1977).

Fehr e Caviness (1977) não subdividem os estádios de desenvolvimento da soja. Ritchie et al. (1977) dividiram o estádio R5 em cinco subestádios:

- R5.1 - grãos perceptíveis ao tato (o equivalente a 10% da granação);
- R5.2 – granação de 11% a 25%;

- R5.3 – granação de 26% a 50%;
- R5.4 – granação de 51% a 75%;
- R5.5 – granação de 76% a 100%.

Tipos de crescimento

As cultivares de soja são classificadas conforme seu tipo de crescimento: determinado, semideterminado e indeterminado (Neumaier et al., 2000).

O tipo determinado se caracteriza pelos seguintes atributos:

- A soja, após o início do florescimento, cresce pouco e não ramifica;
- O florescimento é praticamente simultâneo, em toda a extensão da planta;
- As vagens e os grãos do topo e da base da planta se desenvolvem praticamente ao mesmo tempo;
- O tamanho das folhas do topo da planta é semelhante ao tamanho das demais;
- As plantas apresentam um longo racemo terminal no ápice do caule (Figura 3A).

O tipo indeterminado é caracterizado pelos seguintes atributos:

- A produção de nós no caule principal e o crescimento continuam após o início do florescimento, podendo dobrar a estatura da planta até a maturação;
- O florescimento ocorre de baixo para cima na planta, podendo existir, ao mesmo tempo, vagens bem desenvolvidas na base e flores no topo da planta;
- O desenvolvimento das vagens e dos grãos ocorre de baixo para cima. As vagens e os grãos da metade inferior das plantas são mais adiantados do que os de cima;
- As plantas crescem e ramificam, mesmo durante o florescimento, formação das vagens e enchimento dos grãos;
- As folhas do topo são menores do que as folhas das demais partes da planta;
- As plantas não apresentam racemo terminal no ápice do caule, mas sim pequenos racemos axilares (Figura 3B).



Figura 3. Ápices de plantas de soja, de tipo de crescimento determinado (a) e de tipo de crescimento indeterminado (b), mostrando a presença do racemo terminal (a) e racemos axilares (b).

A diferença de tempo entre o surgimento das vagens basais e o das vagens apicais é compensada pela maior taxa de crescimento dos grãos das vagens apicais, permitindo que todas as vagens da planta cheguem à maturação aproximadamente ao mesmo tempo.

O tipo semideterminado apresenta atributos tanto do tipo determinado quanto do indeterminado.

Exigências climáticas

De todos os fatores inerentes à produção agrícola, o clima é o de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação às máximas produtividades. Aliado a isto, a imprevisibilidade das variabilidades do clima confere à ocorrência de adversidades climáticas o principal fator de risco e de insucesso na exploração das principais culturas. Estresses abióticos como seca, excesso de chuvas, temperaturas muito altas ou baixas, baixa luminosidade, etc., podem reduzir significativamente rendimentos em lavouras e restringir os locais, as épocas e os solos onde espécies comercialmente

importantes podem ser cultivadas. Um melhor entendimento das exigências climáticas da cultura e das relações da água no sistema solo-plantat-a-atmosfera pode contribuir para a redução dos riscos de insucesso da produção agrícola. Por exemplo, após um longo período de deficit hídrico deve-se proceder a semeadura da lavoura somente depois da ocorrência de chuvas nas quantidades suficientes para recarregar o perfil do solo com a umidade necessária para garantir a completa germinação das sementes e o estabelecimento da lavoura.

Certas adversidades climáticas, como a falta de água, podem em alguns casos, ser total ou parcialmente amenizadas. O aumento de eficiência no uso de recursos e de insumos, a melhora qualitativa dos produtos agrícolas e a preservação dos recursos naturais, são desafios da agricultura contemporânea. As pesquisas que visam identificar e quantificar as respostas da cultura às condições ambientais (Figura 4) aparecem como parte importante nesse universo, uma vez que contribuem, sensivelmente, para o desenvolvimento de meios para minimizar os efeitos adversos do ambiente na produção agrícola.

Fotos: José Renato
Bouças Farias



Figura 4. Monitoramento climático e controle de precipitação pluviométrica em experimentos da equipe de Ecofisiologia da Soja, na Embrapa Soja, Londrina-PR. a) Vista geral dos experimentos; b) Parcelas sujeitas à aplicação do estresse de seca por meio de abrigos móveis contra a chuva (rain shelters); c) Vista da estação agrometeorológica dentro da área experimental e adjacente aos ensaios.

Exigências térmicas e fotoperiódicas

As temperaturas do ar, nas quais a soja apresenta melhor crescimento e desenvolvimento, estão compreendidas entre 20 °C e 30 °C. Da mesma forma, a faixa ótima de temperaturas do solo é, também, de 20 °C a 30 °C. Para que ocorra germinação rápida e emergência uniforme, a tempe-

ratura média ótima do solo, a 5 cm de profundidade, deve estar ao redor de 25 °C. Semeaduras com temperaturas de solo menores do que 20 °C podem prejudicar a germinação e a emergência das plântulas (Farias et al., 2007; França-Neto et al., 2016).

Com temperaturas baixas (<10 °C) o desenvolvimento vegetativo da soja é nulo ou pequeno. Por outro lado, de acordo com Board e Kahlon (2011), breves exposições às altas temperaturas (>40 °C) reduzem a taxa de crescimento, provocam distúrbios na floração, no desenvolvimento de vagens, e no desenvolvimento de grãos, ou seja, acentuam o abortamento de flores e provocam a queda de vagens, além, do abortamento de grãos (Farias et al., 2007). Todos esses problemas são intensificados quando, além de altas temperaturas, ocorrem deficit hídricos.

De maneira geral, a floração da soja é induzida por estímulos termo-foto-periódicos. Assim, temperaturas abaixo de 13 °C inibem ou retardam a indução da soja ao florescimento. Diferenças na data de floração, entre anos ou safras, de uma mesma cultivar semeada na mesma data e na mesma latitude, devem-se às variações de temperatura (Farias et al., 2007), sendo que altas temperaturas na fase de crescimento vegetativo normalmente causam florescimento precoce e diminuição da estatura da planta. Quando, ao mesmo tempo, ocorre insuficiência hídrica ou fotoperiódica, esses problemas são potencializados (Farias et al., 2007).

De forma semelhante, porém distinta ao exposto acima, as diferenças nas datas de floração, entre cultivares, semeadas na mesma data e na mesma latitude, devem-se principalmente à resposta diferencial das cultivares à duração do dia (fotoperíodo) (Farias et al., 2007) (Figura 5). Altas temperaturas na fase reprodutiva podem apressar a maturação da lavoura. A ocorrência concomitante de altas temperaturas e de elevada umidade do ar contribui para a diminuição da qualidade das sementes. Também, quando as altas temperaturas coincidem com períodos de baixa umidade do ar, pode haver o aparecimento de sementes verdes e as demais sementes podem ficar predispostas ao dano mecânico na colheita (França-Neto et al., 2012). Por outro lado, a ocorrência de baixas temperaturas no final da fase reprodutiva, associadas a períodos chu-

vosos ou de alta umidade, pode provocar atraso de colheita, bem como haste verde e/ou retenção foliar (Schapaugh; Roozeboom, 2012).

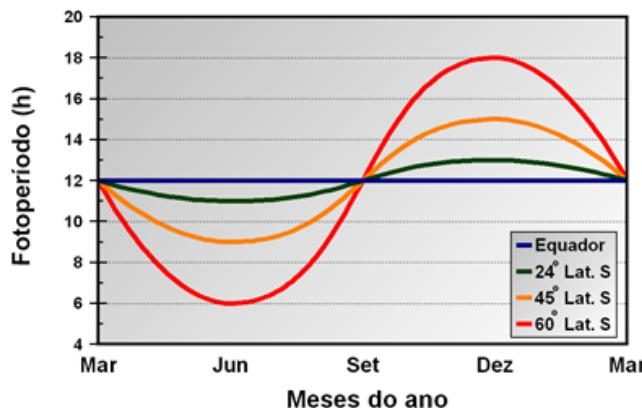


Figura 5. Fotoperíodo (horas) ao longo do ano em função da latitude do local.

Além das exigências térmicas e hídricas, a soja tem exigências foto periódicas. Tanto aquelas quanto essas, determinam a adaptação das cultivares à determinada região. As cultivares apresentam distintas sensibilidades ao fotoperíodo, ou seja, cada cultivar apresenta fotoperíodo crítico próprio, acima do qual o florescimento é atrasado. Por essa razão, a soja é considerada uma planta de dias curtos (Purcell et al., 2014). Por isso, a faixa de adaptação de cada cultivar é variável à medida que há o seu deslocamento geográfico e/ou temporal (semeadura mais ao norte ou mais ao sul e mais no cedo ou mais no tarde). No entanto, cultivares com “período juvenil longo” ou cultivares de tipo de crescimento indeterminado possuem maior amplitude de adaptabilidade, possibilitando seu uso em faixas latitudinais mais abrangentes e em épocas de semeadura menos restritas (Tecnologias..., 2013).

Exigências hídricas

A água é o principal constituinte do tecido vegetal, representando aproximadamente 90% do seu peso total nas plantas herbáceas como a soja. Participa em todos os processos bioquímicos e fisiológicos, age como solvente no transporte de minerais, gases e solutos, e atua como regulador térmico, mantendo e distribuindo o calor na planta (Costa, 2001).

Na soja, a água é importante durante todo o ciclo da cultura, exceto após a maturidade fisiológica dos grãos, quando a ocorrência de chuvas prolongadas retarda o processo de secagem natural e compromete a qualidade dos grãos e sementes. Dois períodos são considerados críticos em relação ao suprimento de água, sendo o primeiro a germinação-emergência e o segundo, a floração-enchimento de grãos. Na germinação, tanto o excesso quanto a falta de água são prejudiciais ao estabelecimento da cultura e à obtenção de um estande adequado de plantas. Dessa forma, nessa fase o conteúdo de água no solo deve ser entre 50% e 85%, suficiente para que a semente absorva o mínimo de água necessário para a germinação adequada, ou seja, 50% do seu peso em água (Farias et al., 2007).

A cultura da soja necessita um volume total de água que varia entre 450 mm a 800 mm/ciclo. A necessidade de água é maior na medida em que ocorre o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos, decrescendo após esse período (Figura 6). Além do estádio de desenvolvimento, o consumo de água pela cultura depende das características da cultivar, do manejo e da demanda evaporativa da atmosfera, podendo assim, variar tanto em função das condições climáticas de cada região, quanto em função do ano e da época de semeadura na mesma região climática (Berlato et al., 1986; Bergamaschi et al., 1999).

O conhecimento da evapotranspiração máxima (perda de água do solo por evaporação mais a perda de água da planta por transpiração) nos diversos períodos de desenvolvimento e ao longo do ciclo da cultura auxilia na tomada de decisões, sendo importante tanto na agricultura irrigada quanto na não irrigada. Na agricultura irrigada, essa informação possibilita definir o manejo da água de irrigação. Em cultivos não irrigados, é útil na definição de práticas culturais que permitam melhor aproveitamento das disponibilidades hídricas naturais de cada região, por exemplo, ajuste da época de semeadura evitando que os períodos críticos, em relação à água, coincidam com períodos de menor disponibilidade de água (Farias et al., 2009).

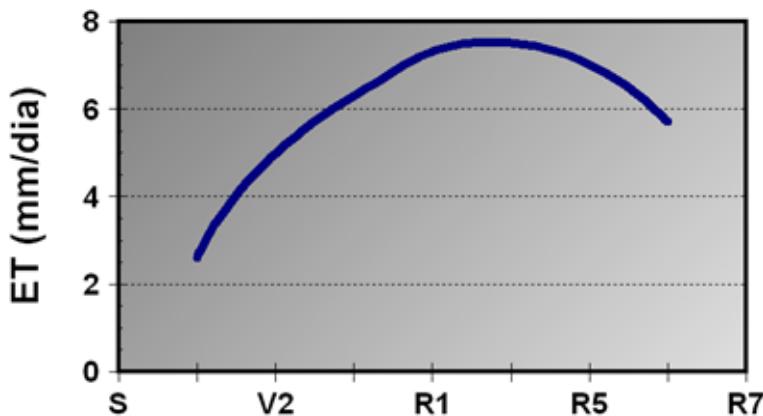


Figura 6. Exemplo de evapotranspiração (ET) diária, nos diferentes estádios de desenvolvimento de cultivares de soja de tipo de crescimento determinado.

Fonte: adaptado de Berlato et al. (1986).

Apesar do elevado grau de tecnificação da maioria das lavouras de soja brasileiras, a baixa disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura ainda representa a principal limitação à obtenção do máximo potencial produtivo, prejudicando a estabilidade no rendimento de grãos de um ano para outro, principalmente, no Sul do Brasil, no Nordeste e em algumas regiões do Centro-Oeste. Observando-se as séries históricas de produtividade disponibilizadas pela CONAB, constata-se que, somente na safra 2004/2005, as perdas de rendimento de grãos nos estados do RS e do PR atingiram mais de 78% e 23%, respectivamente, quando comparadas à safra 2002/2003, quando não ocorreram problemas de seca. Na safra 2013/2014, o estado do Paraná apresentou reduções recordes na produtividade em função do longo período de estiagem durante o cultivo da soja (CONAB, 2013). Esse mesmo problema tem sido observado em outras regiões produtoras do País. Em Goiás, estimativas apontam perdas aproximadas de 15% da produção total de soja, concentradas, principalmente, na porção sul do estado.

Na safra 2018/2019, o estado do Paraná também apresentou importante deficiência hídrica juntamente com as altas temperaturas, que causaram a principal queda de produtividade da safra brasileira ocorrida nessa

safra. As condições edafoclimáticas ocorridas nos diferentes ambientes de produção trouxeram impactos negativos sobre a produtividade da cultura. Nas regiões de menor altitude (na faixa de 400 m), localizadas no oeste, no noroeste e em parte da região norte, foram registradas reduções de distribuição hídrica, com elevação de temperaturas, tanto diurnas quanto noturnas e que causaram impactos negativos na produtividade da soja, com reduções de até 37% em relação à safra anterior (2017/2018) (Paraná, 2019). Tais impactos foram mais significativos nas áreas cujos solos são de textura média/arenosa. No sul do estado, onde a altitude é maior (acima de 800 m) e as temperaturas são mais amenas (incluindo temperaturas diurnas e noturnas), a redução de chuvas foi menor, o que causou um impacto menor na produtividade das lavouras, cuja redução foi de apenas 3% em relação à safra anterior. Ficou evidenciada a importância dos ambientes de produção, destacando que a altitude e a temperatura, além da disponibilidade hídrica, foram os componentes mais diretamente relacionados à produtividade (Gonçalves, 2019). É importante enfatizar, ainda, que o conhecimento das condições edafoclimáticas de cada região e a definição da época de semeadura que propicia a maior probabilidade da distribuição hídrica ideal durante o ciclo da cultura são fundamentais para o sucesso do cultivo da soja.

Comparativamente a outras culturas produtoras de grãos, como o milho, por exemplo, a soja é relativamente tolerante ao deficit hídrico na sua fase vegetativa, mas é muito sensível ao estresse durante a formação dos componentes do rendimento, ou seja, florescimento e enchimento de grãos (Sentelhas et al., 2015). Para apresentar bom desempenho produtivo, a soja necessita, além de um volume de água adequado, a adequada distribuição das chuvas ao longo do ciclo, principalmente, durante as fases mais críticas. Em trabalhos realizados em Londrina-PR, ao longo de 15 safras, avaliando-se diversas cultivares sob diferentes condições de disponibilidade hídrica, verificou-se que os maiores rendimentos de grãos de soja foram obtidos com 650 mm a 700 mm de água, desde que bem distribuídos em todo o ciclo (Figura 7). Nos tratamentos em que houve a indução de deficit hídrico durante as fases vegetativa

e reprodutiva (Figura 7), apesar do volume total de água durante todo o ciclo ter atingido valores próximos a 700 mm, os rendimentos alcançados não foram tão altos em função da má distribuição da precipitação, principalmente quando o estresse ocorre durante a fase mais crítica (período reprodutivo).

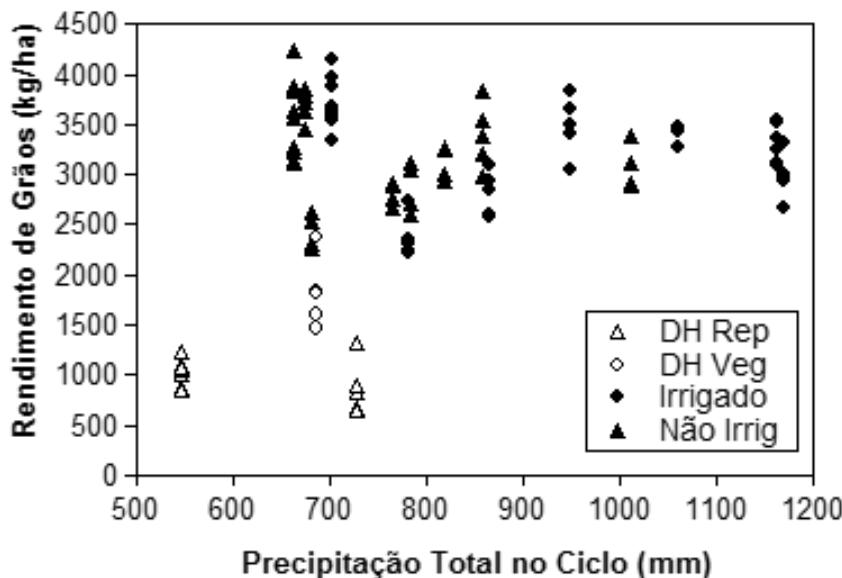


Figura 7. Rendimento de grãos de soja em função do aporte de água durante todo o ciclo, em diversas safras, sob condições irrigada, não irrigada e com déficit hídrico (DH) durante as fases reprodutiva (Rep) e vegetativa (Veg).

Fonte: Farias et al. (2009).

No período reprodutivo (R1-R6), o volume de água ideal para atender as necessidades da cultura da soja situou-se entre 120 mm a 300 mm (Figura 8), adequadamente distribuídos ao longo desse período. Da mesma forma que na Figura 7, observou-se que volumes de água de igual magnitude, porém mal distribuídos, limitaram o rendimento de grãos. Esses dados comprovam que para obtenção de elevadas produtividades, o volume de água necessário deve ser disponibilizado ao longo de todo o ciclo, a fim de atender as exigências da cultura.

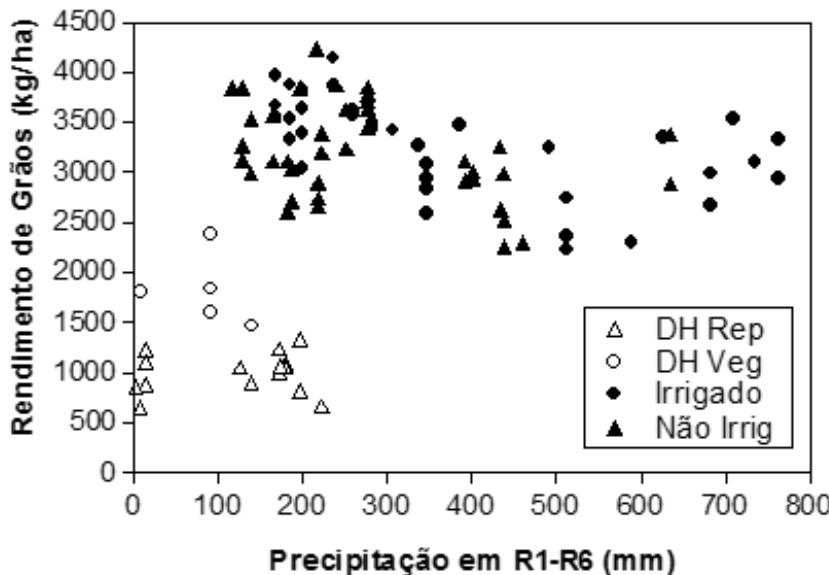


Figura 8. Rendimento de grãos de soja em função do aporte de água durante a fase mais crítica à falta de água (R1-R6), em diversas safras, sob condições: irrigada, não irrigada com deficit hídrico (DH) durante as fases reprodutiva (Rep) e vegetativa (Veg).

Fonte: Farias et al. (2009).

O impacto do deficit hídrico sobre o rendimento na cultura da soja depende da intensidade, duração e época de ocorrência do estresse, além da sensibilidade da cultivar. No período reprodutivo, as reduções do rendimento, são mais drásticas que no período vegetativo. Na fase vegetativa, as plantas são pouco desenvolvidas, com folhas pequenas, entrenós curtos e baixa estatura de planta. Os tecidos apresentam-se murchos e os folíolos tendem a “fechar” para diminuir a área foliar exposta. Nos estádios reprodutivos, ocorre a queda prematura de flores, o abortamento de vagens e “chochamento” de grãos, com a consequente diminuição do número de vagens e o aparecimento de vagens vazias. Como esses componentes do rendimento possuem limites máximos geneticamente determinados, o abortamento de vagens não é plenamente compensado pelo número de grãos/vagem e pelo peso do grão, embora ocorra alguma compensação no peso do grão, caso as condições hídricas se normalizem. Durante os estádios reprodutivos, a ocorrência

de deficit hídrico durante o enchimento dos grãos é mais prejudicial do que durante a floração. A seca, além de diminuir a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos, antecipa a maturação e diminui o tamanho dos grãos.

A ausência de chuvas isoladamente não significa obrigatoriamente ocorrência de deficit hídrico. A planta busca um ajuste entre a absorção de água e a transpiração, sendo que o limite a esse ajustamento marca o início do deficit hídrico. A transpiração pela planta é regulada em função da demanda evaporativa da atmosfera (DEA), que consequentemente, determina a necessidade de absorção de água pelas raízes. Dessa forma a DEA regula a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera (Bergamaschi et al., 1999). O deficit hídrico tem início quando a transpiração da planta começa a ser limitada pela disponibilidade de água no solo. Dessa forma, práticas que favoreçam à melhor estruturação do solo e o aprofundamento do sistema radicular, como o sistema de plantio direto (SPD) e a rotação de culturas, contribuem para o aumento do armazenamento de água no solo. A disponibilidade hídrica no solo passa a ser fundamental para assegurar sucesso à exploração agrícola, principalmente, em regiões com distribuição irregular das chuvas e elevada demanda evaporativa da atmosfera, caracterizadas pela ocorrência de elevada radiação solar, ventos fortes, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar e na ausência de irrigação.

No Brasil, a maior parte da produção de soja é dependente das chuvas. Embora eficaz, o elevado custo da irrigação faz com que poucos produtores adotem essa tecnologia. Apesar dos grandes prejuízos advindos da ocorrência de secas, pouco ou quase nada se tem para apresentar como solução ao produtor sem aumentar consideravelmente o custo de produção. Para minimizar os efeitos do deficit hídrico, indicam-se a adoção de práticas culturais como a semeadura em época recomendada, que coincide com período de menor risco climático, seguindo indicações do zoneamento agroclimático. Além disso, deve-se adotar práticas que favoreçam o armazenamento de água pelo solo, como o controle de invasoras e a adoção de sistemas de cultivo que resultem na manutenção

ou aumento da matéria orgânica e elevada cobertura do solo com palha (ver capítulo 3, “Manejo do solo”). Deve-se priorizar a escolha de cultívares que apresentem menor sensibilidade ao deficit hídrico.

Radiação Solar

A radiação solar é um importante componente ambiental que, além de fornecer energia luminosa para a fotossíntese, também fornece sinais ambientais para uma gama de processos fisiológicos da soja. Nesse contexto, além da intensidade da radiação, a duração e a qualidade do espectro luminoso são determinantes de respostas morfológicas e fenotípicas marcantes em soja, tais como estatura da planta, indução ao florescimento e ontogenia (Thomas, 1994).

Na Figura 8 é possível verificar o efeito de níveis de sombreamento no decréscimo do rendimento da soja (Wahua; Miller, 1978).

Sombreamento x Rendimento

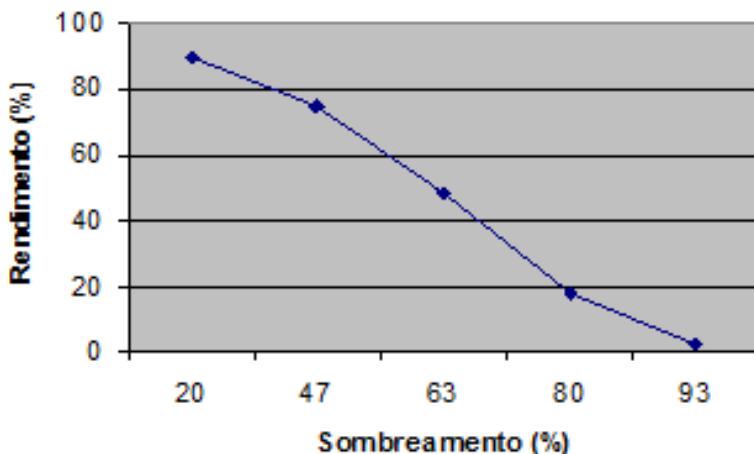


Figura 8. Decréscimos de rendimento da soja sob a ação de níveis de sombreamento, relativos à ausência de sombreamento (0% sombreamento = 100% rendimento de grãos).
Fonte: adaptado de Wahua e Miller (1978).

Por outro lado, dados experimentais de “enriquecimento” da radiação solar no início do florescimento da soja propiciaram aumentos de rendimento da ordem de até 250% (Mathew et al., 2000). Tanto os resultados de sombreamento quanto os de enriquecimento ilustram muito bem a importância da radiação solar para o rendimento da soja.

Sob radiação solar máxima, a soja produz rendimentos máximos desde que bem suprida de água (Liu et al., 2006). Entretanto, no caso de haver deficit hídrico, o rendimento poderá ser maior em ambiente com menor radiação solar.

Retenção foliar e haste verde

A retenção foliar e/ou haste verde da soja (Figura 9) é, quase sempre, consequência de distúrbios fisiológicos que interferem na formação ou no enchimento dos grãos. Entre esses, podem estar os danos por percevejos (Sosa-Gomez; Moscardi, 1995), o estresse hídrico (falta ou excesso) (Schapaugh; Roozeboom, 2012), o uso de certos fungicidas (Hill et al., 2013), o desequilíbrio nutricional das plantas (Mascarenhas et al., 1987) e a presença de poucas vagens na planta (Zhang et al., 2016).

Sob estresse hídrico, pode haver abortamento de flores e de vagens. Seca acentuada durante a fase final de floração e na formação das vagens pode causar abortamento de quase todas as flores restantes e vagens recém-formadas. A falta de “carga” nas plantas pode provocar uma segunda florada, normalmente infértil, resultando em retenção foliar pela ausência de demanda pelos produtos da fotossíntese (Schapau gh; Roozeboom, 2012). A situação pode se agravar se houver excesso de chuvas durante a maturação. O excesso de umidade, nesse período, propicia a manutenção do verde das hastes e vagens e favorece a retenção foliar, mesmo em plantas com carga satisfatória e sem danos de percevejos. Há cultivares mais sensíveis a esse fenômeno (Hill et al., 2013; Tecnologias..., 2013).



Figura 9. Lavoura de soja com haste verde.

As causas mais comuns têm sido os danos por percevejos *Piezodorus guildini* e *Edessa meditabunda* e o desequilíbrio nutricional relacionado ao potássio. A não aplicação, com rigor necessário, dos princípios do Manejo Integrado de Pragas, tem levado, muitas vezes, a um controle ineficiente dos percevejos. Isso é mais comum em lavouras semeadas após a época recomendada e/ou quando se usam cultivares tardias. Nesses casos, pode haver migração das populações de percevejos de lavouras em estádio final de maturação, ou recém colhidas, para as lavouras com vagens ainda verdes (Sosa-Gomez; Moscardi, 1995). Quanto às causas de ordem nutricional, foi observado, em lavouras e em experimentos, que a ocorrência de retenção foliar e/ou senescência anormal da planta de soja está associada com baixos níveis de potássio no solo e/ou altos valores da relação $(Ca + Mg)/K$. Nessas condições, pode ocorrer baixo “pegamento” de vagens, vagens vazias e formação de frutos partenocápicos. A relação $(Ca + Mg)/K$ ótima para altas produtividades de soja é entre 23 a 31 (Mascarenhas et al., 1987).

Recentemente, descobriu-se que o nematoide aéreo *Aphelenchoides besseyi* é o agente causal da Soja Louca II em soja (Meyer et al., 2017). A Soja Louca II é um distúrbio que, além de causar haste verde e retenção foliar, apresenta afilamento das folhas do topo das plantas, enrugamento das folhas, coloração verde escura, pouca pilosidade e engrossamento das nervuras. As hastes apresentam deformações e engrossamento dos nós e abortamento de vagens. As vagens que sobram podem estar vazias ou com um grão apenas, engrossadas e com lesões

ou apodrecidas. A planta atacada pode apresentar superbrotamento e nova floração, que normalmente não resulta em vagens normais. Flores de plantas com sintomas de haste verde e retenção foliar apresentam grãos de pólen com número, tamanho, forma, viabilidade e germinação reduzidos. São murchos, transparentes, com menor volume citoplasmático e paredes externas mais grossas do que de grãos de pólen de plantas assintomáticas (Kale et al., 2016)

Não há solução para os problemas já estabelecidos. Porém, uma série de práticas podem evitá-los ou amenizá-los. A primeira prática é manejear o solo e a sua fertilidade, de acordo com as recomendações técnicas, para permitir que as raízes tenham desenvolvimento normal, alcançando maiores profundidades (ver capítulo 3 “Manejo do solo”). Assim, a absorção da água do solo, durante os períodos de seca, é favorecida, evitando distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais. Outros cuidados são: melhorar as condições físicas do solo para aumentar sua capacidade de armazenamento de água e facilitar o desenvolvimento das raízes, evitar cultivares propensas à haste verde, não semear em épocas que exponham a soja a fatores climáticos adversos coincidentes com os períodos críticos da cultura e fazer o controle de pragas conforme preconizado no Manejo Integrado de Pragas (ver capítulo 9 “Manejo integrado de pragas”).

Referências

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, G. R.; SANTOS, M. L. V.; FARIA, J. R. B.; BARNI, N. A. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1999. 125 p.

BERLATO, M. A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque “classe A” e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, v. 22, n. 2, p. 251-260, 1986.

BOARD, J. E.; KAHLON, C. S. Soybean yield formation: what controls it and how it can be improved. In: EL-SHEMY, H. A. (Ed.). **Soybean physiology and biochemistry**. Rijeka: InTech Open Access Publisher, 2011. p. 1-36.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: v. 1, safra 2013/14, n. 6, sexto levantamento, março/2014.** 2013. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/1275_ef2c28b327a073e9a84b16d5514080a1>. Acesso em: 23 ago. 2019.

COSTA, A. R. **As relações hídricas das plantas vasculares.** Portugal: Ed. Universidade de Évora, 2001. 75 p. (Texto acadêmico).

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 8 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 48).

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos:** o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 2009. p. 263-277.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development.** Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PADUA, G. P. de; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade.** Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

FRANÇA-NETO, J. de B.; PÁDUA, G. P. de; KRZYZANOWSKI, F. C.; CARVALHO, M. L. M. de; HENNING, A. A.; LORINI, I. **Semente esverdeada de soja:** causas e efeitos sobre o desempenho fisiológico - Série Sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 15 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 91).

GONÇALVES, S. L. **Impactos da deficiência hídrica e de altas temperaturas na produtividade da soja no estado do Paraná, safra 2018/2019.** Londrina: Embrapa Soja, 2019. 23 p. (Embrapa Soja. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 22).

HILL, C. B.; BOWEN, C. R.; HARTMANN, G. L. Effect of fungicide application and cultivar on soybean green stem disorder. **Plant Disease**, v. 97, p. 1212-1220, 2013.

KALE, P. B.; JADHAV, P. V.; WAKEKAR, R. S.; MOHARIL, M. P.; DESHMUKH, A. G.; DUDHARE, M. S.; NANDANWAR, R. S.; MANE, S. S.; MANJAYA, J. G.; DANI, R.G. Cytological behaviour of floral organs and in silico characterization of differentially expressed transcript-derived fragments associated with 'floral bud distortion' in soybean. **Journal of Genetics**, v. 95, n. 4, p. 787-799, 2016.

LIU, X. B.; HERBERT, S. J.; BAATH, K.; HASHEMI, A. M. Soybean (*Glycine max*) seed growth characteristics in response to light enrichment and shading. **Plant, Soil and Environment**, v. 52, p. 178-185, 2006.

MASCARENHAS, H. A. A.; MIRANDA, M. A. C.; LELIS, L. G. L.; BULISANI, E. A.; BRAGA, N. R.; PEREIRA, J. C. V. N. A. **Haste verde e retenção foliar em soja causada por deficiência de potássio**. Campinas: IAC, 1987. 15 p. (IAC. Boletim Técnico, 119).

MATHEW, J. P.; HERBERT S. J.; ZHANG S. H.; RAUTENKRANZ, A. A. F.; LITCHFIELD, G. V. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 1156-1161, 2000.

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, p. 403-409, 2017.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIA, J. R. B. Estadios de desenvolvimento da cultura de soja. In: BONATO, E. R. (Ed.). **Estresses em soja**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. p. 19-44.

PARANÁ. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Departamento de Economia Rural. **Estimativas de safra**. 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls>> . Acesso em: 20 mai. 2019.

PURCELL, L. C.; SALMERON, M.; ASHLOCK, L. **Arkansas soybean production handbook**: soybean growth and development. Manhattan: Arkansas State University, 2014. cap. 2, p. 1-8. Disponível em: <<http://www.uaex.edu/publications/pdf/mp197/chapter2.pdf>> . Acesso em: 16 ago. 2019.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 20 p. (Special Report, 53).

SCHAPAUGH, B.; ROOZEBOOM, K. **K-State Agronomy Extension e-Updates.**

Manhattan: Arkansas State University, 2012. 20 p. n. 371. Disponível em:

<<http://www.agronomy.k-state.edu/documents/eupdates/eupdate100512.pdf>> . Acesso em: 16 ago. 2019.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.;

HAMPF, A. C.; NENDEL, C. The soybean yield gap in Brazil - magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal of Agricultural Science**, v. 1, p. 1-18, 2015.

SOSA-GOMEZ, D. R.; MOSCARDI, F. Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 2, p. 401-404, 1995.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistema de Produção, 16).

THOMAS, J. F. Ontogenetic and morphological plasticity in crop plants. In:

BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PAULSEN, G. M. (Ed.).

Physiology and determinations of crop yield. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. cap. 7B, p. 181-185.

WAHUA, T. A. T.; MILLER, D. A. Effects of shading on the N₂ Fixation, yield and plant composition of field grown soybeans. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 387-392, 1978.

ZHANG, X.; WANG, M.; WU, T.; WU, C.; JIANG, B.; GUO, C.; HAN, T.

Physiological and molecular studies of staygreen caused by pod removal and seed injury in soybean. **The Crop Journal**, v. 4, n. 6, p. 435-443, 2016.

Capítulo 3

Manejo do solo

Osmar Conte, Julio Cesar Franchini, Henrique Debiasi, Alvadi Antonio Balbinot Junior

O manejo do solo consiste em um conjunto de operações e práticas realizadas com o objetivo de propiciar condições de solo favoráveis à semeadura, ao estabelecimento, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado. O manejo do solo para a semeadura é a primeira e talvez a mais importante operação a ser realizada. O mesmo compreende um conjunto de práticas que, quando usadas racionalmente, resultam em alta produtividade das culturas com baixos custos. Por outro lado, quando usadas de maneira incorreta, podem levar o solo rapidamente à degradação física, química e biológica, diminuindo o seu potencial produtivo.

O Sistema Plantio Direto (SPD), quando conduzido de acordo com suas premissas (mínima mobilização do solo, cobertura permanente por culturas ou por seus resíduos e diversificação de espécies vegetais), promove consideráveis ganhos em relação à conservação do solo e à produtividade das culturas. Isso ocorre em função da proteção da superfície do solo pelos resíduos vegetais, da manutenção ou aumento do teor de carbono orgânico, da disponibilidade de nutrientes, do armazenamento de água no solo, resultante da maior infiltração e da menor perda por evaporação para a atmosfera. Entretanto, o atual sistema de produção agrícola, em

muitos casos, tem levado a um processo de degradação do solo, sendo a sua intensidade variável de acordo com o clima, o tipo de solo e as espécies vegetais cultivadas. Dentre os fatores responsáveis, destaca-se o tráfego intensivo de máquinas agrícolas, a produção insuficiente de fitomassa da parte aérea e das raízes com a consequente redução da cobertura e da matéria orgânica do solo, o uso de áreas inaptas para culturas anuais, a excessiva mobilização da superfície do solo e a ausência ou adoção parcial de práticas mecânicas para controle da enxurrada.

Todas as informações constantes deste capítulo utilizam como base resultados de pesquisa obtidos em ensaios de manejo do solo de longo prazo, conduzidos sob diferentes condições edafoclimáticas pela Embrapa e outras instituições de ensino e pesquisa. Essa afirmação é importante na medida em que proporciona confiabilidade às informações aqui apresentadas e discutidas.

Sistema Plantio Direto (SPD)

O SPD é um sistema conservacionista de manejo do solo, fundamentado na mínima mobilização do solo, na sua cobertura permanente por culturas ou por seus resíduos e pela adoção de modelos de produção diversificados, baseados na rotação e consorciação de culturas. No Brasil, o SPD surgiu no início da década de 1970 a partir de experiências pioneiras de produtores do Paraná. No entanto, apenas a partir do final da década de 1980 a sua adoção cresceu exponencialmente, principalmente com o aprimoramento e o desenvolvimento de máquinas agrícolas adaptadas ao sistema, bem como de novas tecnologias para o manejo químico e cultural de plantas daninhas. Segundo a Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha e Irrigação (FEBRAPDP), foram cultivados em 2019 no Brasil cerca de 33 milhões de hectares em SPD (FEBRAPDP, 2019), sendo o País com a maior área de adoção desse sistema. É importante salientar, que o SPD é um sistema complexo que se ampara em diversas premissas, dentre elas a semeadura direta, ou seja, a operação de semeadura das culturas realizada sem preparo primário e secundário de solo. Entretanto, para caracterizar o SPD e dispor de todos os benefícios que esse sistema pode proporcionar, não basta somente realizar a semeadura direta. Também se deve utilizar modelos de produção diversificados,

capazes de adicionar fitomassa suficiente para cobrir permanentemente o solo e resultar em balanço positivo de carbono, incrementando assim o estoque de matéria orgânica do solo. Conjuntamente, também devem ser adotadas práticas mecânicas de controle da enxurrada, como sementeira em nível e uso de terraceamento.

Apesar do predomínio aparente do SPD em áreas de produção de soja no Brasil, os modelos de produção adotados são, na maioria dos casos, pouco diversificados. De forma geral, existe o predomínio de sistemas de sucessão de culturas, sendo os mais comuns os de trigo e soja na região subtropical e milho 2^a safra e soja na região tropical. Associado à ausência de sistemas de rotação de culturas, ainda se utiliza periodicamente o preparo do solo com arados, escarificadores e grades de discos. Assim, na realidade, existe uma adoção parcial das premissas básicas do SPD e o predomínio de sistemas com baixa produção de resíduos vegetais e mobilização periódica do solo. Em decorrência disso é comum se observar áreas de produção de soja apresentando sintomas de degradação da estrutura do solo, com a formação de camadas compactadas, encrustamento superficial e perdas de solo, água e nutrientes por erosão, bem como aumento da ocorrência e dos danos ocasionados por pragas, doenças e plantas daninhas. Deste modo, é importante que o SPD seja utilizado de acordo com os seus princípios básicos, visando diminuir a maioria desses problemas e proporcionar melhorias significativas na conservação do solo e da água, bem como aumentar o aproveitamento dos recursos e insumos como os fertilizantes, proporcionando redução de custos, estabilidade de produção e melhoria das condições de vida do produtor rural e da sociedade. Para que esses benefícios aconteçam, tanto os agricultores quanto os responsáveis pela assistência técnica devem estar predispostos a mudanças, conscientes de que o SPD é importante para alcançar êxito e sustentabilidade na atividade agrícola.

Requisitos para a implantação e manutenção do SPD

Como em qualquer atividade agropecuária, o planejamento é fator importante para reduzir erros e riscos e aumentar a probabilidade de sucesso. Tendo em vista que o SPD implica em mudanças profundas nos sistemas de produção de soja, bem como em custos para adequação

das áreas, é importante que a sua adoção ocorra de maneira gradativa, aumentando-se a área sob esse sistema ano a ano.

O primeiro passo para a implantação do SPD envolve a realização de amostragem para análise química de solo. Em situações de baixo pH, baixa saturação por bases e elevados teores de alumínio, deve-se proceder a correção da acidez do solo mediante aplicação e incorporação de calcário pelo menos até 20 cm de profundidade. Essa etapa é essencial para o sucesso do sistema, pois após a implantação do SPD, as aplicações de corretivos de acidez serão realizadas somente em superfície.

A mesma lógica pode ser aplicada ao fósforo, considerando sua baixa mobilidade no solo e com isso a dificuldade de incrementar os teores em subsuperfície quando as aplicações ocorrem superficialmente ou em sulco de semeadura. Os critérios para amostragem de solo, correção da acidez e dos teores de fósforo são apresentados no capítulo 7 “Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja”.

É importante ressaltar que a forma mais rápida de corrigir a acidez do solo até a profundidade de 20 cm é pela incorporação do calcário com arado de discos e grades aradoras. No entanto, existem vários trabalhos realizados em diferentes regiões do Brasil, mostrando que a transformação de áreas de pastagem natural ou cultivadas, diretamente para o cultivo de soja em SPD, pode ser feita a partir de correção superficial do solo, particularmente em áreas com menor acidez subsuperficial, como as de textura arenosa. Em se tratando de pastagens degradadas, normalmente faz-se necessário a sistematização da superfície, eliminando caminhos dos animais, cupinzeiros quando ocorrem e demais irregularidades de superfície do terreno que possam vir a comprometer a semeadura e principalmente a colheita. No caso do cultivo da soja em áreas com pastagens degradadas, principalmente em solos arenosos, com necessidade de correção da acidez em profundidade por meio da incorporação dos corretivos, a indicação atual é a utilização do Sistema São Mateus, desenvolvido pela Embrapa (Salton et al., 2013), que consiste na semeadura de uma espécie forrageira logo após o preparo do solo e a incorporação de calcário, gesso e fertilizantes. No ano seguinte, a partir da dessecação da pastagem, iniciar o cultivo de soja em SPD.

Áreas conduzidas sob preparo convencional por muitos anos apresentam, em geral, camadas compactadas (pé-de-arado ou pé-de-grade) em subsuperfície por causa do uso contínuo de preparo do solo com os mesmos implementos (arados ou grades) e nas mesmas profundidades. Antes da implantação do SPD, essas camadas compactadas devem ser eliminadas, o que pode ser realizado por ocasião da incorporação dos corretivos de acidez ao solo. Nesse caso, o implemento deve ser regulado para trabalhar numa profundidade um pouco maior do que a correspondente a camada compactada.

O preparo do solo para incorporação de corretivos e fertilizantes, bem como para a descompactação, deve ser realizado antes da implantação de culturas de cobertura do solo, com rápido crescimento inicial, grande potencial de produção de fitomassa e sistema radicular abundante e profundo, visando diminuir os riscos de perdas de água, solo e nutrientes por erosão hídrica na fase de estabelecimento do SPD. Com o mesmo objetivo, deve-se evitar a realização das operações de preparo do solo no início do período chuvoso, quando a probabilidade de ocorrência de precipitações pluviométricas de alta intensidade e alto potencial erosivo é maior. Na maioria das situações, indica-se que essas operações sejam realizadas após a colheita da safra de verão e antes da semeadura de espécies de cobertura no outono-inverno ou 2^a safra. Nesse contexto, as espécies mais indicadas para cultivo após a incorporação dos corretivos e fertilizantes são as gramíneas forrageiras.

A sistematização da área também faz parte do planejamento a ser adotado. Nesse quesito deve-se prever a construção ou readequação de terraços e estradas, a divisão de talhões, a retirada de pedras, tocos e raízes, assim como a realização de ajustes no microrrelevo, como a eliminação de sulcos de erosão. É fundamental que essas operações sejam executadas previamente ao estabelecimento do SPD, visto que depois não são previstas operações de mobilização de solo. Além disso, a construção de terraços ou mesmo correções de microrrelevo realizadas com deslocamento da camada superficial do solo resultam em desuniformidade da fertilidade do solo, que é mais facilmente corrigida antes da implantação do SPD.

A adoção do SPD de forma isolada não é, na maioria das situações, condição suficiente para o controle efetivo das perdas de água, solo e nutrientes por erosão hídrica. A cobertura do solo por resíduos vegetais e/ou plantas vivas no SPD apresenta potencial para dissipar em até 100% energia cinética gerada pelo impacto da gota da chuva e, assim, praticamente eliminar a erosão entre sulcos (Kochhann et al., 2005). Entretanto, de acordo com os mesmos autores, a cobertura do solo não apresenta a mesma eficácia na dissipação da energia cinética decorrente da ação cisalhante da enxurrada, responsável pela erosão em sulcos. Desse modo, a ocorrência de chuvas com intensidade superior à capacidade de infiltração de água do solo, associada a toposequências com grandes comprimentos de declive, condições comuns a grande parte das áreas de produção de soja no Brasil, podem resultar no arraste dos resíduos presentes na superfície do solo e, consequentemente, em escoamento superficial de água mesmo em áreas manejadas sob SPD. Nessas situações, o controle da enxurrada no SPD deve ser feito por meio da segmentação do comprimento do declive com a utilização de práticas como o terraceamento e a realização de todas as operações mecanizadas em nível. A falta de manutenção ou eliminação parcial ou total dos terraços, sem critério técnico, associada à realização das operações mecanizadas paralelamente ao declive, com o objetivo de economizar insumos e tempo, pode resultar em elevadas perdas de água, solo e nutrientes por erosão hídrica mesmo em SPD, comprometendo a sustentabilidade do sistema de produção de soja.

O dimensionamento dos terraços por meio de métodos empíricos desenvolvidos para áreas manejadas em preparo convencional é inadequado para as condições de SPD, por causa do reduzido espaçamento horizontal entre os mesmos, o que dificulta a realização das operações mecanizadas e aumenta os gastos com insumos, sendo uma das razões que levam os produtores à eliminação dos terraços. A maior capacidade de infiltração de água do solo, associada à dissipação da energia cinética do impacto da gota de chuva e da ação cisalhante da enxurrada, permite aumentar a distância entre os terraços no SPD, o que deve ser feito a partir de modelos e critérios desenvolvidos e validados para

as condições edafoclimáticas brasileiras. Uma das opções disponíveis para dimensionamento dos terraços em SPD é o método do volume de enxurrada esperado, com o uso do programa computadorizado “Terraço 4.1” (Pruski, 2015), cujos princípios já foram validados em condições de campo pela Embrapa Trigo (Denardin et al., 2005).

Cobertura do solo

O SPD tem como uma de suas principais premissas a cobertura permanente do solo, tanto pelos resíduos das culturas de interesse econômico quanto daquelas cultivadas com o intuito de produzir palha e proporcionar cobertura do solo. A situação mais adequada é obtida quando se consegue conciliar produtividade e rentabilidade com as condições adequadas para manutenção de SPD com qualidade. No entanto, a cultura da soja produz reduzida quantidade de palha e de rápida decomposição visto sua baixa relação C/N. Assim, é essencial o planejamento dos modelos de produção associando a soja com culturas que proporcionem elevada produção de fitomassa, de forma a permitir adequada cobertura do solo e ainda proporcionar suficiente adição de carbono ao solo para que o balanço do sistema seja positivo e com isso incrementar o teor de matéria orgânica do solo.

A combinação de soja e milho na segunda safra, amplamente adotada em estados como o PR, MS, MT e GO, tem contribuído para maior adição de palha ao sistema, representando um grande avanço em relação à monocultura da soja no verão seguida de pousio na entressafra. No entanto, a palha do milho na 2^a safra, mesmo adicionada em quantidades relativamente altas, em geral não apresenta alto potencial de cobertura do solo. O que se observa é que os colmos e demais partes da planta do milho, após a colheita, não conferem adequada cobertura do solo e, com isso, tem-se o efeito negativo das chuvas e radiação solar sobre o solo, além de permitir o estabelecimento de plantas daninhas. Portanto, faz-se necessário arranjar a soja em modelos de produção diversificados e adequados às condições edafoclimáticas de cada região, de forma que possibilitem atender as condições para permanente cobertura do solo. Nesse sentido, uma alternativa para aumentar a cobertura do solo

no sistema soja-milho 2^a safra é o cultivo do milho em consórcio com espécies de braquiária. Outra opção envolve a implantação de culturas com ciclo curto, como o milheto e o nabo forrageiro, preenchendo o espaço entre culturas de interesse econômico. Dentre as possibilidades, deve-se sempre que possível utilizar espécies forrageiras que, além de proporcionar cobertura do solo, possibilitam ganhos com a integração lavoura-pecuária.

As espécies não comerciais ou forrageiras usadas como cobertura de solo em SPD devem ter adaptação às condições ambientais particulares de cada região. Ainda, é importante levar em consideração as seguintes características: potencial de produção de fitomassa; persistência da palhada na superfície do solo, determinada pela relação C/N e pela presença de compostos orgânicos de difícil decomposição, como a lignina; ciclo da cultura adequado às janelas de cultivo; não se tornar invasora nas culturas comerciais; apresentar sistema radicular abundante e profundo; não servir de hospedeiras de pragas e fitopatógenos; e ser de fácil manejo, seja químico ou mecânico. Informações adicionais sobre os requisitos para a escolha de espécies vegetais na composição de modelos de produção envolvendo a soja podem ser encontradas no capítulo 5 “Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção” e no capítulo 6 “Soja em sistema Integração Lavoura-Pecuária”.

É importante reforçar que a fitomassa das espécies escolhidas para formação de cobertura morta do solo deve apresentar elevada persistência, principalmente em se tratando de regiões tropicais com solos de textura média a arenosa. Como exemplo, pode-se citar o milheto, que possui alta capacidade de produção de fitomassa em curto período, mas que após o manejo químico ou mecânico apresenta acelerada decomposição. Nessas condições, espécies de braquiária podem fornecer palha com maior longevidade, e dependendo do sistema adotado na propriedade, onde se tem atividade mista com pecuária, deve-se considerar a permanência dessas por mais de um ano, em rotação com a soja (ver capítulo 6, “Soja em sistema Integração Lavoura-Pecuária”). No caso de espécies leguminosas, cuja inserção em modelos de produção é importante pela

capacidade das mesmas em adicionar nitrogênio ao sistema via fixação biológica, mas que apresentam, de modo geral, rápida decomposição da fitomassa, o consórcio com espécies gramíneas é uma opção viável para aumentar a persistência da palhada sobre o solo.

Manejo dos resíduos das culturas e das plantas de cobertura do solo

A fragmentação e a distribuição dos resíduos culturais no momento da colheita é uma etapa importante na condução do SPD. Essa etapa deve ser realizada de modo que a cobertura do solo pelos restos culturais seja uniforme, sem dificultar a operação de semeadura da cultura subsequente. Primeiramente, deve-se evitar a fragmentação excessiva, que demanda mais potência da colhedora, elevando o consumo de combustível e diminuindo o rendimento da operação, além de acelerar a decomposição dos resíduos no solo, proporcionando assim menor tempo de cobertura do mesmo. Resíduos culturais como os da soja têm decomposição rápida, sendo assim, é importante regular o picador de palha das colhedoras para mínima ação, o suficiente para fazer a distribuição sobre o solo. É fundamental que os resíduos sejam distribuídos na mesma largura que a faixa de corte da plataforma da colhedora, para que sejam eficientes na cobertura do solo e não causem faixas de concentração de nutrientes após sua decomposição. Além disso, a distribuição desuniforme dos restos culturais na colheita pode dificultar o controle de plantas daninhas, protegendo-as do contato com os herbicidas aplicados via pulverização (efeito “guarda-chuva”) e a semeadura da cultura subsequente. Atualmente, o atendimento desse requisito tem se tornado um desafio, visto que as colhedoras estão cada vez maiores, com plataformas de corte que podem chegar a 45 pés (13,7 m).

No caso do milho, as plataformas de colheita (despigadoras) recolhem somente a espiga e parte do colmo e das folhas, que passam pela trilha e pela separação, até serem distribuídos ao solo por mecanismo específico, sem triturar. A presença de colmos sem triturar, concentrados na linha de semeadura, associada à alta persistência dos restos culturais de milho em razão da sua elevada relação C/N, pode dificultar o processo de

semeadura e o estabelecimento da cultura em sucessão, principalmente em situações onde a produção de palhada do milho é alta e o intervalo entre a colheita dessa cultura e a semeadura da espécie subsequente é reduzido. Sob essas condições, bastante comuns em áreas onde o milho é cultivado como safra de verão e na sequência cultivam-se espécies como *Phaseolus vulgaris* (feijão comum); *Avena sativa* (aveia); *Triticosecale* (triticale); *Secale cereale* (centeio); *Brassica napus L. var. oleifera* (canola) e *Triticum aestivum* (trigo), indica-se o manejo da resteva do milho com o uso de roçadoras, equipamentos para triturar ou, preferencialmente, do rolo-faca, com o intuito de permitir a semeadura dessas culturas de forma adequada. O uso de grade niveladora para fragmentar e uniformizar a distribuição dos resíduos de milho deve ser evitado, pois aumenta a suscetibilidade do solo à erosão e acelera o processo de mineralização da matéria orgânica do solo.

O manejo que comumente tem se aplicado às culturas que tem função exclusiva de cobertura do solo ou àquelas que também atendem a finalidade de forrageiras é a interrupção do ciclo por meio de manejo químico, com a dessecação feita com herbicida de ação total (vide capítulo 11 “Plantas daninhas e seu controle”). Algumas espécies podem demandar aplicações sucessivas, envolvendo herbicidas de diferentes mecanismos de ação. Em algumas situações é possível utilizar o manejo mecânico com rolo-faca, roçadora ou trituradores, isolado ou associado ao manejo químico. Além da redução do uso de herbicidas, o manejo mecânico apresenta ainda a vantagem de posicionar os resíduos na superfície do solo, formando uma camada protetora, o que, em geral, aumenta a eficiência da cobertura na conservação do solo e no manejo de plantas daninhas, além de melhorar a qualidade e aumentar o rendimento da operação de semeadura da cultura seguinte, impedindo que a palha “em pé” cause embuchamento da semeadora ou enrosque em correntes. Em regiões tropicais, onde as condições de clima quente e úmido favorecem a rápida decomposição da palha, o manejo mecânico da fitomassa por meio de roçadoras e trituradores deve ser restrito a situações onde os restos culturais possam prejudicar a qualidade e o rendimento da operação de semeadura da cultura subsequente. Nas demais situações, prin-

cipalmente quando a fitomassa das espécies vegetais apresenta rápida decomposição (por exemplo, leguminosas), o manejo via roçadora ou trituradores deve ser evitado, pois a fragmentação excessiva acelera a decomposição dos restos culturais, diminuindo ainda mais o tempo de permanência na superfície do solo, o que se constitui em dos principais fatores limitantes ao SPD nas regiões tropicais. Por outro lado, em regiões frias, onde a decomposição dos resíduos vegetais é lenta, a fragmentação dos mesmos pode ser vantajosa, especialmente para espécies com maior relação C/N, acelerando a mineralização dos nutrientes e sua disponibilização para as culturas subsequentes.

Cada espécie apresenta um momento ideal para manejo, de forma a atender a elevada produção de fitomassa e adição de nutrientes sem deixar sementes que podem torná-las invasoras nos cultivos de interesse econômico. Em geral, para a maioria das espécies anuais cultivadas para cobertura do solo, o manejo químico ou mecânico é indicado quando as mesmas encontram-se entre a floração plena e o início da formação das sementes. A exceção ocorre para a aveia, para a qual a melhor época para manejo é a fase de grãos leitosos. Nesses estádios, as espécies geralmente exibem maior acúmulo de matéria seca e nutrientes, além de não apresentarem ainda sementes viáveis que possam infestar as culturas subsequentes.

Outro aspecto importante se refere ao intervalo entre o manejo químico ou mecânico da espécie vegetal e a semeadura da cultura subsequente. O manejo com muita antecedência pode representar necessidade de re-aplicação de herbicidas, além de resultar em reduzida cobertura do solo, o que aumenta a infestação de plantas daninhas e favorece as perdas de água e solo por erosão hídrica. Por outro lado, um intervalo pequeno entre o manejo da espécie de cobertura ou pastagem e a implantação da cultura seguinte pode comprometer a qualidade da operação de semeadura, aumentando a ocorrência de embuchamentos e de falhas ocasionadas por sementes descobertas e/ou com pouco contato com o solo por causa da incorporação de palha no sulco de semeadura. Nesse caso, o estabelecimento e o desenvolvimento inicial da cultura subsequente

também podem ser prejudicados pelo efeito físico do sombreamento da palhada e pela liberação de aleloquímicos.

A definição do intervalo entre o manejo mecânico ou químico e a semeadura da próxima cultura deve levar em consideração a espécie vegetal antecessora, a quantidade de fitomassa no momento do manejo, os herbicidas utilizados na dessecação e as condições de chuva e temperatura no período. Para a maioria das espécies vegetais, esse intervalo deve ser o suficiente para que a fitomassa das mesmas seque por completo, facilitando o corte da palhada pelos discos da semeadora. Caso o manejo químico envolva a aplicação de 2,4-D, deve-se observar um intervalo mínimo de 10 dias entre a dessecação e a semeadura, visando evitar efeitos fitotóxicos do herbicida na soja. No caso de espécies vegetais que podem exercer efeito alelopático negativo sobre a soja, esse período deve ser maior. É o caso, por exemplo, da canola, cujo intervalo entre a colheita e a semeadura da soja deve ser de pelo menos 20 dias (Silva et al., 2011). Quando a quantidade de fitomassa é muito elevada, de modo a prejudicar a semeadura e o estabelecimento da soja, o intervalo entre o manejo e a semeadura também deve ser aumentado. Como exemplo, tem-se que o intervalo adequado entre a dessecação da braquiária bri-zantha e a semeadura da soja pode chegar a até 45 dias quando a forrageira apresenta grandes quantidades de fitomassa, superiores a 10 t/ha (Debiasi; Franchini, 2012).

Evolução e condução do SPD

A partir do momento que o produtor passa a adotar o SPD em substituição ao preparo convencional de solo, uma série de transformações ocorre no solo e no sistema de produção. Nem todos os benefícios advindos do SPD podem ser notados desde a sua implantação. Vantagens como as observadas em relação à conservação de solo (redução das perdas de água e solo por erosão) e ao maior armazenamento de água no solo, obtidas por meio da manutenção da cobertura e mínima mobilização na superfície, são logo percebidas. Vários outros benefícios serão obtidos com o passar do tempo, com a evolução e a estabilização do SPD. Resultados de pesquisa obtidos pela Embrapa Soja e por outras

instituições mostram que, nos primeiros anos após a adoção do SPD, a produtividade da soja nesse sistema é semelhante ou mesmo inferior ao preparo convencional (fase de estabilização). No entanto, com o passar do tempo, quando se alcança a estabilização do SPD e a expressão dos benefícios como incremento na matéria orgânica do solo e todos os aspectos positivos decorrentes disso, a resposta positiva em produtividade das culturas comerciais torna-se evidente. Estudos com base em experimentos de longo prazo, realizados pela Embrapa Soja, mostram que a duração da fase de estabilização do SPD é dependente da complexidade do modelo de produção adotado, relacionada à diversificação de culturas e à quantidade de fitomassa anualmente adicionada. Assim, a fase de estabilização do SPD pode variar de 6 a 12 anos dependendo do modelo de produção adotado. Nos modelos de produção diversificados e com alta adição de fitomassa o período é de aproximadamente 6 anos. Nos modelos de produção pouco diversificados e com baixa adição de fitomassa, a fase de estabilização persiste por até 12 anos (Franchini et al., 2012). Isso demonstra a relevância do esforço sucessivo e continuado para com a adequada condução do SPD, de forma que as melhorias alcançadas ao longo do tempo não sejam perdidas no curto prazo a partir da retomada de preparamos de solo ou mesmo quando o balanço de carbono passa a ser negativo, acarretando em perda de matéria orgânica. O simples uso de grade para incorporar sementes de plantas de cobertura, combater plantas daninhas ou manejar resteva pode proporcionar perda de carbono equivalente a alguns anos de acúmulo.

É importante que seja feito um acompanhamento periódico dos indicadores de fertilidade e acidez do solo por meio de análise de solo. Como não são previstos preparamos de solo a partir da implantação do SPD, as aplicações de corretivo passam a ser na superfície, o que limita a quantidade a ser distribuída em cada aplicação, tornando-as mais frequentes. Com relação a atributos físicos do solo, são perceptíveis as alterações em relação ao sistema convencional de preparo, como aumento da densidade do solo, em muitos casos em decorrência da redução da macroporosidade. Também é comum a elevação da resistência do solo à penetração (RP), medida por meio de penetrômetros. No entanto, para avaliar se tais al-

terações estão além do tolerado pelas culturas é preciso observar se as mesmas estão comprometendo o seu desempenho e limitando o seu desenvolvimento radicular. O melhor indicador de compactação do solo é a produtividade obtida pelas culturas e a estabilidade de produtividade ao longo do tempo, principalmente diante da ocorrência de déficit hídrico.

Compactação do solo

A compactação é definida como o processo de redução de volume de um solo não saturado por aplicação de pressão como tráfego de máquinas e animais, que supera a resistência da estrutura do solo, resultando na diminuição do espaço poroso e, como consequência, na expulsão de ar e rearranjo de partículas e microagregados (Debiasi et al., 2008). A condição física resultante do processo de compactação do solo é denominada grau ou estado de compactação, de forma que qualquer solo apresenta um determinado grau de compactação. Um solo é considerado compactado apenas quando a magnitude do grau de compactação ultrapassa determinado nível crítico, a partir do qual se observa limitação ao desenvolvimento e à produtividade das plantas.

Estudos conduzidos em SPD demonstram que o solo normalmente apresenta maior densidade e RP e menor espaço poroso, especialmente macroporos, em relação a áreas trabalhadas com preparo convencional de solo. Isso leva à interpretação de que a compactação de solo é maior em SPD, principalmente quando se aplica o nível crítico para a RP de 2 MPa. Mas deve ficar claro que as avaliações de RP devem ser ajustadas e interpretadas em função do teor de água no solo, e que em SPD consolidado os valores tolerados são superiores a 2 MPa. De acordo com literatura internacional e amparado por resultados obtidos em estudos desenvolvidos na Embrapa, solos argilosos, manejados em SPD, podem apresentar valores de RP de até 3,0 MPa (obtidos no teor de água equivalente à capacidade de campo) e elevação da densidade, especialmente na camada de 10 cm a 20 cm, sem influenciar significativamente o desempenho produtivo da soja (Moraes et al., 2014a). Isso ocorre porque o solo apresenta estrutura mais resistente e estável quando manejado em SPD, pela ausência de revolvimento por preparo, acúmulo das pressões aplicadas pelo tráfego de máquinas e aumento do teor de matéria

orgânica (Moraes et al., 2017). Por outro lado, o movimento de água e seu armazenamento no perfil são favorecidos em função da continuidade de poros verticais que atuam tanto na infiltração quanto em fluxos ascendentes de água em períodos de déficit hídrico (Moraes et al., 2016). Ressalta-se que, no SPD, a estrutura de solo mais consolidada o torna mais resistente e resiliente às pressões advindas dos pneus das máquinas agrícolas (Moraes et al., 2019).

A baixa diversificação de culturas, associada à intensificação dos sistemas de produção nas principais regiões produtoras de soja, tem resultado na compactação do solo. Particularmente nas regiões onde há o predomínio do sistema de produção com a sucessão milho de 2^a safra e soja, tem se observado o aumento da ocorrência de compactação na camada de 10 cm a 20 cm de profundidade. Além do aporte insuficiente de palha e raízes, a formação de camadas compactadas na sucessão soja/milho 2^a safra é favorecido pela realização das operações de colheita da soja e semeadura do milho durante os meses de janeiro e fevereiro, os mais chuvosos do ano, o que notadamente favorece a compactação.

Monitoramento da compactação do solo

A partir do histórico de produtividade da soja e de outras culturas componentes do sistema de produção, deve-se executar uma análise da evolução da produtividade nos diferentes talhões da propriedade. Além de atentar para tendências de diminuição de produtividade média ao longo do tempo é importante levar em consideração a variabilidade temporal do desempenho produtivo das culturas. De forma geral, a compactação do solo prejudica a estabilidade de produção tornando a produtividade da lavoura mais vulnerável a perdas em função de alterações na disponibilidade hídrica (veranicos). Assim, uma grande variabilidade da produtividade entre diferentes safras, com perdas elevadas em anos secos, é um forte indicador de compactação excessiva do solo. Uma vez caracterizados decréscimos e/ou alta variabilidade temporal da produtividade das culturas, o passo seguinte é verificar se os mesmos não são causados por problemas climáticos, pragas, doenças, plantas daninhas, deficiência de nutrientes, acidez do solo, uso de cultivares inadequadas,

entre outros. Excluídas essas possibilidades, a maneira mais prática de realizar um diagnóstico de campo a respeito do grau de compactação do solo é associar dados de RP com a avaliação qualitativa da estrutura do solo e a distribuição de raízes no perfil.

A RP pode ser obtida com instrumentos acessíveis ao produtor (penetômetros), que permitem inclusive obter medidas georreferenciadas, em diferentes profundidades e passíveis de mapeamento. O acompanhamento da RP na propriedade pode inclusive ser feita pelo produtor, ou pelo seu assistente de campo, o que a torna uma medida aplicável. No entanto, a interpretação dos resultados deve ser feita com cuidado, levando em consideração principalmente a influência do teor de água e da densidade do solo sobre os valores de RP. Além disso, a presença de grandes quantidades de raízes, bem como o aumento da resistência dos agregados em resposta ao incremento dos teores de matéria orgânica e à ausência de revolvimento (*age hardening phenomena*) (Moraes et al., 2017), são fatores que elevam os valores de RP sem necessariamente causar limitação ao crescimento de raízes e produtividade da soja, o que também ser considerado na interpretação dos resultados. Para fins de diagnóstico do grau de compactação do solo, a RP deve ser determinada em um teor de água do solo equivalente à capacidade de campo. Em SPD estabilizado, valores de RP (determinados na capacidade de campo) de até 3,0 MPa, associados à presença de raízes em subsuperfície, podem ser tolerados (Moraes et al., 2014a). No entanto, de acordo com os mesmos autores, em preparo convencional de solo, valores de RP (na capacidade de campo) acima de 2 MPa são considerados críticos ao desenvolvimento das culturas. Informações detalhadas sobre os diferentes tipos de penetrômetro, suas aplicações e limitações podem ser obtidas em Debiasi et al. (2008) e Moraes et al. (2014b).

Em função das dificuldades na interpretação dos valores de RP para fins de diagnóstico do estado de compactação do solo, indica-se a associação desse indicador com avaliações qualitativas da estrutura do solo e da distribuição das raízes no perfil. Quando a RP é mapeada utilizando ferramentas de agricultura de precisão, as avaliações qualitativas de

estrutura do solo e de distribuição de raízes no perfil podem ser direcionadas para regiões do talhão com altos valores de RP, permitindo assim confirmar ou não o diagnóstico de compactação excessiva. O Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo (DRES) é um dos métodos disponíveis para avaliar a qualidade estrutural da camada superficial, baseado em características detectadas visualmente em amostras dos primeiros 25 cm do perfil do solo (Ralisch et al., 2017). As avaliações nas amostras constam da observação de tamanho e forma dos agregados e torrões, presença ou não de feições de compactação ou outra modalidade de degradação do solo, forma e orientação das fissurações, rugosidade das faces de ruptura, resistência à ruptura, distribuição e aspecto do sistema radicular e evidências de atividade biológica. A partir desses critérios, atribui-se uma pontuação de 1 a 6, em que "6" é indicativo de melhor condição estrutural, e "1" representa o solo totalmente degradado. Mais informações sobre esse método podem ser obtidas em <https://www.embrapa.br/dres>.

A distribuição de raízes poderá ser avaliada por meio da abertura de trincheiras, verificando-se a concentração do sistema radicular nas diferentes camadas até pelo menos a profundidade de 40 cm a 50 cm. Essa avaliação pode ser realizada na mesma trincheira utilizada para a coleta da amostra do DRES, aprofundando-a até a camada de interesse. Ressalta-se que, no SPD, é comum a concentração das raízes na camada superficial do solo (0-10 cm), de forma que o mais importante nessa avaliação é verificar a presença de raízes em camadas abaixo de 20 cm. A baixa presença de raízes abaixo de 20 cm de profundidade, associada à existência de raízes tortas e achatadas, são fortes indícios de compactação excessiva do solo. Pequenas deformações na raiz principal da soja são comuns em áreas sob SPD e, se não comprometerem o crescimento vertical das mesmas, não devem ser consideradas indicadoras de compactação do solo. Além do pouco crescimento das raízes em camadas subsuperficiais, o crescimento desuniforme das culturas e a drenagem lenta da água da chuva, também evidenciam compactação excessiva do solo.

No âmbito da agricultura de precisão, a utilização de mapas de produtividade das culturas e de condutividade elétrica, assim como de índices de vegetação (por exemplo, o índice de vegetação da diferença normalizada – NDVI) determinados a partir de imagens de satélite e/ou obtidas por câmaras acopladas a veículos aéreos não tripulados (VANTs), podem auxiliar no monitoramento e diagnóstico do estado de compactação do solo em área de produção de soja. Atualmente, a principal aplicação destas ferramentas está na delimitação de áreas de interesse dentro dos talhões onde avaliações mais detalhadas (RP, DRES, distribuição de raízes, entre outros indicadores) devem ser realizadas, reduzindo assim o tempo, a mão de obra necessária e custos envolvidos no monitoramento da compactação do solo, além de contribuir para um diagnóstico mais preciso e confiável.

Manejo da compactação do solo

A compactação do solo no SPD deve ser manejada preferencialmente empregando métodos biológicos de melhoria da qualidade estrutural do solo. Com relação ao manejo biológico da compactação em SPD, existem dois enfoques diferentes. O primeiro refere-se à preservação e à melhoria da qualidade estrutural do solo no médio e longo prazos, por meio da adoção de modelos de produção diversificados, envolvendo espécies vegetais com alto potencial de adição de fitomassa e sistema radicular profundo e vigoroso. Nesse caso, o aumento do teor de matéria orgânica do solo associado à ação do sistema radicular resulta em uma estrutura de solo, mais resistente e com maior capacidade de recuperação ante as pressões aplicadas pelo tráfego de máquinas agrícolas. Além disso, modelos de produção diversificados proporcionam a formação de bioporos pela ação das raízes das plantas e da biota do solo. O outro enfoque relaciona-se à recuperação no curto prazo de solos com alto grau de compactação. Nesse caso, deve-se priorizar a inclusão de culturas com sistema radicular profundo e agressivo, para formação de bioporos contínuos e estáveis, com alta efetividade no armazenamento e na condução de ar e água. Para esse fim, podem ser utilizadas espécies como o nabo forrageiro, a aveia, o milheto, algumas espécies de sorgo, as crotalárias e as forrageiras tropicais perenes, como as pertencentes

aos gêneros *Urochloa* e *Panicum*. Ressalta-se ainda que plantas com sistema radicular abundante e profundo aceleram os ciclos de secamento e umedecimento do solo, que contribuem para o rompimento de camadas compactadas principalmente em solos argilosos manejados sob SPD.

A utilização de semeadoras equipadas com sulcadores do tipo haste ou facão para deposição do fertilizante proporciona o rompimento localizado de camadas compactadas na superfície do solo, contribuindo para o desenvolvimento inicial do sistema radicular da soja e proporcionando a deposição mais profunda do fertilizante. A probabilidade de resposta positiva da produtividade da soja ao uso de hastes sulcadoras é maior em anos com ocorrência de seca e/ou em áreas que apresentam compactação superficial do solo, situação bastante comum em sistemas de integração lavoura-pecuária. Para evitar a mobilização excessiva da superfície do solo pelas hastes sulcadoras, deve-se evitar a semeadura em condições de solo muito úmido, bem como utilizar velocidade de operação entre 4 km/h e 6 km/h. As corretas regulagem e manutenção do disco de corte também são essenciais para reduzir a mobilização da superfície do solo e a frequência de embuchamentos. De modo geral, o disco de corte deve ser regulado de forma que a sua penetração no solo seja de, no máximo, 4 cm.

A mobilização periódica do solo no SPD por meio de escarificadores (por exemplo, a cada 3 ou 4 anos) não tem resultado em incrementos significativos da produtividade da soja, sendo a duração de seus efeitos sobre a estrutura do solo, na maioria dos casos, inferior a um ano (Franchini et al., 2011). Entretanto, a escarificação constitui-se em uma alternativa para romper camadas compactadas restritivas ao crescimento radicular das culturas, ou seja, pode ser adotada como prática corretiva, desde que associada ao uso de culturas com alto potencial de produção de fitomassa da parte aérea e raízes. Mesmo nesse caso, a tomada de decisão a respeito da escarificação deve ser realizada com conhecimento e critérios técnicos, pois se trata de uma operação cara e que, quando realizada sem necessidade, pode inclusive reduzir a produtividade de culturas como a soja e o milho (Debiasi et al., 2010). Primeiramente, de-

ve-se ter um diagnóstico preciso de que o grau de compactação do solo esteja prejudicando a resposta produtiva da cultura. Além disso, o escarificador deve ser adequado ao uso em SPD, ou seja, deve ser equipado com discos de corte de palha, ponteiras estreitas e rolo destorrador, para evitar o uso de grade como operação complementar. Essa operação deve ser executada preferencialmente após a soja e antecedendo uma cultura com grande capacidade de produção de fitomassa e que possua sistema radicular profundo e vigoroso, visando estabilizar a porosidade gerada mecanicamente. O escarificador deve ser regulado em relação ao espaçamento entre hastes, de forma que esse fique entre 1,2 e 1,5 vezes a profundidade que se pretende fazer a operação. Da mesma forma, a profundidade máxima de trabalho do escarificador não poderá ser maior do que 5 a 7 vezes a largura da ponteira, que corresponde à profundidade crítica de trabalho de ferramentas de preparo do tipo haste. Profundidades de trabalho maiores do que a crítica resultam em um grande aumento da demanda de potência sem incremento proporcional na mobilização do solo. Adicionalmente, a escarificação deve ser realizada quando o solo estiver com um teor de água equivalente à friabilidade (quando um torrão coletado no centro da camada a ser trabalhada, ao ser pressionado entre o polegar e o indicador, se romper com leve pressão com mínima aderência de solo aos dedos), visando um rompimento eficaz do solo entre as hastes do equipamento, sem a formação de torrões excessivamente grandes. Ressalta-se que o emprego de uma operação mecânica para reverter compactação de solo, como é o caso da escarificação, não pode ser uma decisão isolada do manejo do sistema. Quando utilizada, deve ser acompanhada de uma mudança conceitual, passando-se a priorizar boas práticas de manejo do solo, como diversificação de espécies com sistema radicular abundante e elevada adição de fitomassa ao solo.

Sistema convencional de preparo do solo

O preparo convencional de solo é aquele realizado com implementos que promovem mobilização total da superfície do solo, como arados de discos ou aivecas, escarificadores, grades aradoras e, em alguns casos, enxadas rotativas. São indiscutíveis os benefícios do SPD na conservação do solo e na melhoria dos sistemas de produção, principalmente

com a redução do número de operações e a maior velocidade de execução, a manutenção de cobertura do solo por restos culturais e plantas de cobertura, sendo, portanto o sistema preferencial em relação ao preparo convencional. Porém, nas condições em que se faz necessário o preparo convencional de solo, o mesmo deve ser realizado com critério, observando-se o teor de água adequado para as operações, equipamentos bem regulados, de forma a preservar o máximo de restos culturais na superfície sem prejudicar a implantação da cultura na sequência.

O preparo de solo pode ser denominado de primário, quando realizado por aração, escarificação ou gradagem pesada (aradora). A profundidade da camada mobilizada é determinada pelas características do equipamento, mas normalmente fica entre 15 cm e 30 cm. O preparo do solo com grades aradoras normalmente é o mais utilizado pela maior capacidade efetiva de trabalho associada a sua largura útil e à profundidade limitada de operação. No entanto, do ponto vista da conservação do solo, deve-se priorizar operações como a escarificação, que tem maior profundidade efetiva, promove menor desagregação do solo e resulta em maior quantidade de resíduos na superfície do solo. O preparo realizado por meio de arados, seja de discos ou aivecas, promove maior inversão de camadas, conhecida como “tombamento” do solo, enterrando a cultura de cobertura ou os resíduos da superfície, mas podem trazer para a superfície camadas inferiores mais ácidas, com maiores concentrações de alumínio trocável (Al^{3+}) e menores teores de macronutrientes. O preparo secundário do solo é realizado antes da semeadura por meio de grades leves, também conhecidas como grades niveladoras, com o objetivo de destorroar e promover um ajuste do microrelevo deixado pelos equipamentos de preparo primário.

Condições de umidade para o preparo do solo

No momento da realização de qualquer operação de preparo de solo é importante observar se o conteúdo de água no solo é adequado para garantir o rendimento e a qualidade do trabalho realizado. Solos argilosos com elevado conteúdo de água no momento do preparo aderem-se aos implementos, aumentando a demanda de potência, reduzindo a qualida-

de do preparo realizado, além de favorecer a compactação subsuperficial. A realização da escarificação com o solo muito úmido prejudica o rompimento da massa de solo entre as hastes do equipamento, praticamente inviabilizando a operação. Por outro lado, também é preciso evitar o preparo com o solo muito seco, porque essa condição aumenta a demanda de potência para romper a estrutura do solo pelo implemento, além do número de gradagens niveladoras no preparo secundário, para se obter o nível suficiente de destorroamento que permita uma operação de semeadura adequada. Caso seja imprescindível o preparo primário com o solo seco, recomenda-se a realização do nivelamento e o destorroamento após a ocorrência de ao menos uma chuva.

De modo geral, o conteúdo de água equivalente à condição de solo friável é o mais adequado para a realização das operações de preparo do solo. Conforme já descrito no item “Manejo da compactação do solo”, esta condição pode ser facilmente identificada no campo.

Compactação do solo no preparo convencional

A compactação ocorre quando o solo é submetido a pressões que deformam a estrutura por meio do rearranjo das partículas e agregados, com a consequente redução e descontinuidade do espaço poroso. O preparo de solo realizado continuamente pelo mesmo tipo de implemento, na mesma profundidade, e especialmente com alto conteúdo de água no solo, pode resultar no surgimento de uma camada compactada logo abaixo da profundidade de mobilização. O tráfego do trator dentro do sulco aberto pelo arado, imprime ao solo uma pressão abaixo da camada de ação do implemento, que ao longo dos anos vai se acumulando até resultar em uma camada compactada. Essa camada compactada, situada logo abaixo do limite de ação de um implemento, comumente denomina-se de “pé de grade” ou “pé de arado”. Em lavouras conduzidas com preparo convencional de solo, além da compactação na subsuperfície, por estar fora da camada de ação do implemento, ainda se tem a desagregação continuada da camada superficial do solo com os preparos sucessivos, o que o torna também mais suscetível à compactação superficial provocada pelo tráfego de máquinas.

Os procedimentos para monitoramento e identificação da compactação do solo encontram-se descritos no item “Monitoramento da compactação do solo”. No caso do preparo convencional, ressalta-se a importância da correta identificação do limite inferior da camada compactada, que servirá de base para o planejamento das operações de descompactação do solo. Normalmente, o limite inferior da camada compactada não ultrapassa 30 cm de profundidade.

Rompimento de camada compactada no sistema convencional

O rompimento de camadas compactadas de solo pode ser realizado por ação mecânica de implementos de preparo como arados e escarificadores. Para que essa operação seja realizada de forma efetiva, o implemento empregado deve atuar logo abaixo do limite inferior da camada com problemas de compactação. Em áreas com o uso frequente de grades aradoras ou niveladoras, o rompimento da camada de solo compactada pode ser feito por meio de aração, visto que essa operação tem capacidade de atuar em camada mais profunda que uma grade. Por sua vez, em áreas onde são realizadas arações frequentes, indica-se o uso de escarificadores, regulados para atuar em maior profundidade do que as arações. De modo geral, os escarificadores são mais frequentemente empregados em operações de mobilização do solo com intuito de eliminar a compactação. No entanto, para que se obtenha êxito nessa operação, é preciso atentar para o espaçamento entre hastes, a profundidade máxima de operação e o conteúdo de água do solo, conforme descrito no item “Manejo da compactação do solo”.

A efetividade da descompactação mecânica, por meio de preparamos, está condicionada ao manejo subsequente aplicado ao solo. São indicadas, em sequência a essa operação, a implantação de culturas com alta produção de fitomassa e densidade de plantas e com sistema radicular abundante e agressivo, como, por exemplo, a aveia preta em regiões subtropicais ou braquiárias em regiões tropicais, além de redução da intensidade dos preparamos de solo subsequentes. O efeito de operações mecânicas isoladas na descompactação do solo é curto. Estudos mostram que em até um ano, todo o efeito de aumento na porosidade e redução da densidade do solo é revertido. Sendo assim, é fundamental

que o produtor passe por uma mudança de conceito, revendo sua forma de conduzir o sistema de produção, entendendo que o resultado de um sistema bem conduzido é mais eficaz e menos oneroso. Para tanto, é preciso adotar novas formas de manejo, priorizando ações como rotação de culturas, manutenção de cobertura do solo e redução da intensidade de mobilização do solo.

Diversificação de espécies vegetais

Independente do sistema de manejo do solo adotado (SPD ou preparo convencional), a diversificação de espécies vegetais por meio da sucessão, rotação e/ou consorciação de culturas é essencial para a sustentabilidade do sistema de produção de soja. A diversificação de culturas tanto pode ser feita com lavouras anuais exclusivas, quanto com espécies forrageiras perenes, em sistemas integrados de produção.

No caso do SPD, a diversificação de espécies vegetais constitui um dos seus fundamentos básicos. Essa prática ameniza os problemas fitossanitários nas espécies destinadas à produção de grãos. Espécies produtoras de grande quantidade de palha e raiz, além de promover a reciclagem de nutrientes e aumentar a proteção do solo contra a ação dos agentes erosivos, melhora a qualidade física, química e biológica do solo, por meio do efeito de raízes e adição de matéria orgânica. A diversificação da cobertura vegetal constitui-se numa prática auxiliar no controle de plantas daninhas ocorrentes na soja, principalmente nos primeiros anos de implantação da semeadura direta. Maior detalhamento a respeito da diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção de soja e seu efeito no manejo do solo são apresentados especificamente no capítulo 5 “Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção”.

Referências

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. *Ciência Rural*, v. 42, p. 1180-1186, 2012.

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. 20 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 63).

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 603-612, 2010.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CASSOL, E. A.; MONDARDO, A.; SCHWARZ, R. A. Controle de enxurrada em sistema plantio direto. In: DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CASSOL, E. A.; MONDARDO, A.; SCHWARZ, R. A. (Ed.). **Manejo de enxurrada em sistema plantio direto**. Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. p. 61-77.

FEBRAPDP. **Superfície sob plantio direto**. 2019. Disponível em: <<https://febrapdp.org.br/download/area-PD-Brasil-e-estados.pdf>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A. ; TONON, B. C.; FARIA, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N.; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 137, p. 178-185, 2012.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CAS-SOL, E. A.; MONDARDO, A.; SCHWARZ, R. A. Enxurrada em sistema plantio direto. In: DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CASSOL, E. A.; MONDARDO, A.; SCHWARZ, R. A. (Ed.). **Manejo de enxurrada em sistema plantio direto**. Porto Alegre: Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. p. 47-54.

MORAES, M. T. de; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R da. Critical limits of soil penetration resistance in a Rhodic Eutrudeox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 288-298, 2014a.

MORAES, M. T. de; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. da; LUZ, F. B. da. Age-hardening phenomena in an Oxisol from the subtropical region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, n. 170, p. 27-37, 2017.

MORAES, M. T. de; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. da; LUZ, F. B. da. Soil physical quality on tillage and cropping systems after two decades in the subtropical region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, n. 155, p. 351-362, 2016.

MORAES, M. T. de; LUZ, F. B. da; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. da. Soil load support capacity increases with time without soil mobilization as a result of age-hardening phenomenon. **Soil & Tillage Research**, n. 186, p. 128-134, 2019.

MORAES, M. T. de; SILVA, V. R. da; ZWIRTES, A. L.; CARLESSO, R. Use of penetrometers in agriculture: a review. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 179-193, 2014b.

PRUSKI, F. F. **Terraço 4.1 - Dimensionamento e manejo de sistemas de conservação de solos e drenagem de superfície**. 2015. Disponível em: <ftp://ftp.ufv.br/dea/GPRH/Terraco41/InstaladorTerraco4_1.exe>. Acesso em: 15 jul. 2019.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; BONA, F. D. de. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 63 p. (Embrapa Soja. Documentos, 390).

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. de. **Sistema São Mateus - Sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 186).

SILVA, J. A. G.; MOTTA, M. B.; BIANCHI, C. A. M.; CRESTANI, M.; GAVIRAGHI, J.; FONATANIVA, C.; GEWBER, E. Alelopatia da canola sobre o desenvolvimento e a produtividade da soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 17, p. 428-437, 2011.

Capítulo 4

Instalação da lavoura

*Alvadi Antonio Balbinot Junior, Henrique Debiasi,
Julio Cesar Franchini, Osmar Conte*

Grande parte do potencial produtivo de uma lavoura de soja é determinada na sua instalação. Nesse momento, já estão definidas a qualidade da dessecação em sistema plantio direto ou do preparo do solo em sistema convencional; a cultivar; a qualidade e o tratamento das sementes; a inoculação, via sementes ou no sulco; a adubação de base; a época de semeadura; a densidade de semeadura e o espaçamento entre as fileiras, que definem o arranjo espacial das plantas; a profundidade e a uniformidade de deposição de fertilizantes e sementes. Ou seja, a primeira etapa para a obtenção de uma lavoura produtiva e rentável é a sua adequada instalação.

O objetivo desse capítulo é discutir e indicar tecnologias relacionadas à época e densidade de semeadura, ao espaçamento entre as fileiras e aos principais cuidados na regulagem de semeadoras para que ocorra adequada instalação da lavoura.

Época de semeadura

A época de semeadura determina a exposição das sementes e plantas de soja às condições ambientais predominantes no período compreendido entre a semeadura e a colheita, alterando a duração do ciclo de desenvolvimento, o porte das plantas, a altura de inserção da primeira vagem, a ramificação, a área foliar, a incidência de doenças e insetos-praga e, por consequência, a produtividade e a qualidade de grãos. A delimitação do período para cultivo da soja em cada município brasileiro é definida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) por meio de portarias específicas para cada estado brasileiro, disponíveis para acesso no site do Mapa (Brasil, 2018).

A definição da melhor época de semeadura da soja dentro do período indicado deve ser fundamentada nas características de clima e solo da região, nos sistemas de produção utilizados e nos atributos das cultivares. Salienta-se a importância de considerar a interação entre as cultivares e o ambiente de produção. Para uma determinada região, nem sempre as melhores cultivares para semeadura no início do período indicado são as melhores para o final do período. Ou seja, é necessário posicionar as cultivares nas épocas mais favoráveis à expressão do potencial genético, de acordo com as informações das empresas obtentoras das variedades. Adicionalmente, é fundamental considerar que, em geral, a soja está inserida em sistemas de produção que envolvem outras culturas. Desse modo, as culturas anterior e posterior à soja também influenciam na tomada de decisão sobre a época de instalação da cultura. Nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil é comum o cultivo da soja na safra e, em sucessão, o milho de segunda safra. Nesse caso, a soja não pode ser semeada muito tarde, pois isso pode impossibilitar o cultivo do milho em sucessão. O interesse em semear milho ou algodão na segunda safra é um dos principais fatores que tem estimulado a semeadura da soja no final do mês de setembro e início de outubro, considerada semeadura “no cedo” em muitas regiões.

Resultados de experimentos e de lavouras, obtidos nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, têm mostrado maiores produtividades em semeaduras realizadas nos meses de outubro e novembro. Nessa

época, geralmente há condições atmosféricas adequadas à emergência, ao crescimento, ao florescimento e ao enchimento de grãos, sobretudo relacionadas à precipitação pluvial, à temperatura do ar e do solo e ao fotoperíodo. Fisiologicamente, é interessante que a soja apresente a máxima área foliar no período do ano que tenha a máxima radiação, no hemisfério Sul na segunda quinzena de dezembro e em janeiro, desde que não haja deficit hídrico nesse período de intenso consumo de água pela cultura.

Em semeaduras realizadas logo no início do período indicado, denominadas de semeaduras “no cedo”, pode haver problemas na emergência, em razão de deficit hídrico e/ou baixa temperatura do solo. Nessa condição as plantas apresentam menor porte, em decorrência da baixa disponibilidade de calor e radiação solar no início do ciclo, a duração do ciclo de desenvolvimento é maior e há maiores chances de perdas quantitativas e qualitativas na colheita, em razão da elevada precipitação pluvial nessa fase. Se o objetivo da lavoura for a produção de sementes, altos volumes de chuva na colheita podem reduzir drasticamente a qualidade fisiológica do produto. Em semeaduras “no cedo”, o uso de cultivares com tipo de crescimento indeterminado constitui-se em alternativa para que haja adequado crescimento das plantas de soja, permitindo a obtenção de altas produtividades de grãos.

Em semeaduras realizadas no final do período indicado, denominadas de semeaduras “no tarde”, pode haver menor crescimento em altura das plantas e maiores incidência e severidade de doenças na fase reprodutiva, principalmente ferrugem-asiática, e maior incidência de insetos-pragas, como percevejos. Esse agravamento de problemas fitossanitários no final do ciclo pode ocasionar perdas de produtividade, da qualidade dos grãos/sementes e/ou aumento dos custos de produção. Além disso, em semeaduras “no tarde” pode haver maiores perdas por causa do deficit hídrico na fase reprodutiva e, em algumas regiões do Sul do Brasil, em função de baixas temperaturas, inclusive geadas no começo de abril. A semeadura da soja no tarde, principalmente no mês de dezembro, é comum em regiões frias do Sul do Brasil em sucessão ao trigo, que geralmente é colhido no final de novembro e início de dezembro. Nessa

circunstância, especial atenção deve ser dispensada na escolha de cultivares adaptadas a esse ambiente de produção. Em geral, cultivares que apresentam menor sensibilidade ao comprimento do dia e/ou que tenham tipo de crescimento indeterminado, são as mais adequadas à semeadura tardia.

Para minimizar os riscos de perdas de produtividade por estresses e escalonar as operações de semeadura, pulverizações e colheita, é indicada a semeadura da soja em diferentes épocas dentro do mesmo empreendimento agrícola. Para tal, é fundamental o posicionamento de cultivares adaptadas em cada época de semeadura. Em empreendimentos pequenos, em que a colheita é terceirizada, essa estratégia é difícil de ser implementada. Nesse caso, é indicada a semeadura na época mais propícia à expressão do potencial genético da cultivar utilizada, reduzindo os riscos de insucesso econômico.

Densidade de semeadura e espaçamento entre as fileiras

A densidade de semeadura, que é a quantidade de plantas por hectare, e o espaçamento entre as fileiras determinam o arranjo espacial de plantas na lavoura. Esses fatores podem influenciar a velocidade de fechamento do espaço entre as fileiras, a produção de massa seca pela soja, a arquitetura das plantas, a área foliar, a incidência de doenças e insetos-praga e a produtividade da cultura (Cox; Cherney, 2011; Procópio et al., 2013). Isso ocorre porque o arranjo de plantas altera a competição entre as plantas de soja pelos recursos do ambiente - água, luz e nutrientes. Na Tabela 1, são apresentadas as populações de plantas por hectare em diferentes espaçamentos entre fileiras e número de plantas por metro.

Tabela 1. Densidade de plantas por hectare, de acordo com o espaçamento entre as fileiras e o número de plantas por metro linear.

Espaçamento (cm)	Plantas/m						
	6	8	10	12	14	16	18
	Plantas/ha						
40	150.000	200.000	250.000	300.000	350.000	400.000	450.000
45	133.333	177.777	222.222	266.666	311.111	355.555	400.000
50	120.000	160.000	200.000	240.000	280.000	320.000	360.000

Nos últimos anos, têm sido realizadas pesquisas com diferentes arranjos de plantas de soja no Brasil, em diferentes cultivares, regiões e épocas de semeadura. Pesquisas nesse tema são justificadas por três fatores: 1) mudança nas características morfofisiológicas das cultivares de soja e das práticas de manejo utilizadas na última década; 2) aumento da expectativa de produtividade de grãos; 3) semeadura antecipada da soja para possibilitar o cultivo de milho na segunda safra e/ou reduzir a incidência de doenças e pragas no final do ciclo, o que acarreta mudanças no ambiente de produção dessa oleaginosa.

Em relação à densidade de semeadura, em geral observa-se que em uma faixa de 150 mil a 450 mil plantas por hectare, há pouca variação de produtividade de grãos (Ferreira et al., 2016; Ferreira et al., 2018). Isso ocorre porque a soja apresenta alta plasticidade de crescimento, em função da disponibilidade de espaço e recursos do ambiente, ou seja, as plantas moldam a sua arquitetura em função da intensidade de competição com as plantas vizinhas. Em baixa densidade de semeadura, as plantas emitem maior quantidade de ramos, em maior tamanho e com maior ângulo em relação à haste principal. Nessa situação, também há aumento do diâmetro do caule e maior emissão de folhas por planta, compensando espaços vazios. Em regiões que apresentam elevada altitude e temperaturas mais amenas, há alto potencial de crescimento, tolerando menores densidades. Contudo, em regiões baixas e quentes, a capacidade de crescimento das plantas de soja é reduzida em razão do maior gasto energético pela respiração.

Quando a lavoura é instalada com densidade de plantas acima da indicada para a cultivar, a região e a época de semeadura, há alta competição entre plantas. Nessa situação, a redução de produção de grãos por planta pode ser mais expressiva do que o aumento da quantidade de plantas por área, reduzindo a produtividade de grãos por hectare. Nesse caso, as plantas ficam estioladas, aumentando as chances de acamamento (Balbinot Junior, 2011). Além disso, com excesso de plantas há fechamento precoce do espaço entre as fileiras, o que pode aumentar os problemas com doenças e insetos-praga, em função da maior umidade e da menor penetração de fungicidas e inseticidas no dossel.

Atualmente, há no mercado cultivares que apresentam arquitetura compacta, com altura de plantas inferior a 90 cm, folíolos pequenos, limitada capacidade de ramificação e ramos próximos da haste principal, exigindo maior quantidade de plantas por área em relação a cultivares com grande crescimento vegetativo, pois não apresentam alta capacidade de compensar falhas no estande. Além disso, populações de plantas aquém da ideal em cultivares de arquitetura compacta podem aumentar a infestação de plantas daninhas, dificultando o manejo químico dessas plantas. Nesse contexto, indica-se que a quantidade de sementes utilizada seja a recomendada pela empresa obtentora da cultivar a ser utilizada.

Em razão do aumento dos custos com sementes observado nos últimos anos, indica-se que a regulagem das semeadoras seja realizada com máximo cuidado, evitando o consumo exagerado desse insumo. Ademais, deve-se considerar que houve melhoria na qualidade das sementes, do tratamento químico das mesmas e das semeadoras, o que propicia aumento da porcentagem de sementes emergidas a campo, contribuindo na economia desse importante insumo.

A faixa de espaçamento entre fileiras mais usada é de 40 cm a 50 cm. A redução do espaçamento, mantendo a mesma densidade de plantas por metro quadrado, aumenta a velocidade de fechamento do espaço entre as fileiras, maximizando o aproveitamento dos recursos do ambiente, assim como aumenta a capacidade da cultura em suprimir a emergência e/ou o crescimento de plantas daninhas (Rambo et al., 2003). Por outro lado, espaçamentos reduzidos podem conferir menor penetração de fungicidas e inseticidas no dossel, dificultando o manejo de algumas doenças e alguns insetos-praga de difícil controle. Adicionalmente, com a redução do espaçamento, há aumento no número de linhas, o que aumenta a mobilização da superfície do solo e a demanda de potência, com o consequente incremento dos riscos de erosão e dos custos da operação, além de dificultar a semeadura quando há grande quantidade de palha sobre o solo, podendo aumentar a frequência de embuchamento.

Pesquisas têm demonstrado que a redução do espaçamento, de 45 a 50 cm para 25 cm a 30 cm, tem promovido ganhos significativos de

produtividade (cerca de 10%) somente em cultivares com arquitetura compacta de plantas ou em semeaduras “no cedo” e “no tarde”. Nesses casos específicos, a redução do espaçamento é indicada, mas muitas vezes esbarra na falta de semeadoras adaptadas para tal operação.

Nos últimos anos, alguns agricultores têm testado uma técnica denominada “Semeadura Cruzada”, na qual se realiza uma operação de semeadura, seguida de outra operação similar, no sentido perpendicular à primeira (Balbinot Junior et al., 2015). Todavia, trabalhos de pesquisa realizados pela Embrapa e por instituições parceiras indicaram que essa técnica não propicia nenhum ganho de produtividade de grãos quando há manutenção da densidade de plantas e da dose de fertilizante, em relação à semeadura não cruzada (Procópio et al., 2013). Além disso, essa técnica aumenta o custo de produção em função de duas operações de semeadura na mesma área (Hirakuri et al., 2017).

Algumas considerações devem ser ponderadas sobre a semeadura cruzada. Com essa técnica, a capacidade operacional é reduzida pela metade, o que pode acarretar em atraso na semeadura. Para a semeadura de grandes áreas dentro dos períodos indicados pelo zoneamento agrícola, o investimento em máquinas necessitaria ser intensificado. Deve-se ressaltar que a compactação do solo na semeadura cruzada tende a aumentar, pois ocorre o dobro do trânsito de máquinas durante a semeadura da área. O cruzamento das linhas aumenta a mobilização da superfície do solo reduzindo a sua cobertura e, em áreas declivosas, as linhas de uma das passadas da semeadora serão perpendiculares às curvas de nível, o que favorece erosão (Debiasi et al., 2017). Além disso, a segunda operação de semeadura altera o posicionamento das sementes alocadas no solo por ocasião da primeira semeadura. Portanto, essa técnica não é recomendada.

Outro arranjo espacial alternativo testado por alguns produtores e fabricantes de discos é a semeadura agrupada. Nesse caso, são agrupadas de 3 a 5 sementes por cova na linha, mantendo a população indicada pelos obtentores das cultivares. A hipótese de que a semeadura agrupada de plantas de soja poderia aumentar a sua produtividade se baseia no

“efeito bordadura” entre as covas e ao aumento da penetração de fungicidas e inseticidas na lavoura, em função do atraso no fechamento do dossel. No entanto, trabalhos de pesquisa realizados não constataram nenhum ganho de produtividade de grãos com o uso da semeadura com plantas agrupadas, comparativamente à distribuição equidistante das plantas nas linhas (Santos et al., 2018). Além disso, é necessário considerar que em velocidade de semeadura superior a 4 km/h, a distribuição agrupada de plantas fica prejudicada, o que pode ser um limitador prático da técnica.

Cuidados com a regulagem de semeadoras

A manutenção e a regulagem das semeadoras devem ser feitas com antecedência em relação à semeadura, para que a implantação ocorra sem percalços, seguindo o planejamento proposto. Em muitas regiões, o período adequado para a semeadura da soja é relativamente curto, sobretudo quando se planeja semear o milho ou o algodão em sucessão.

Os principais componentes a serem considerados na regulagem da semeadora são os dosadores de semente e fertilizante, o controlador de profundidade e o compactador de sulco.

Os principais mecanismos dosadores de sementes são o disco alveolado horizontal e o pneumático. O pneumático apresenta maior precisão, com dosagem das sementes uma a uma, ausência de danos às sementes durante o processo de dosagem, mas são mais caros. O disco alveolado horizontal, de uso mais comum, pode permitir boa precisão, desde que os discos sejam escolhidos corretamente, de acordo com as características das sementes a serem utilizadas. Nesse sistema, indica-se para semeadura de soja a utilização de discos com dupla linha de furos, por garantir melhor uniformidade de distribuição das sementes ao longo do sulco. Quando se utiliza o sistema de discos alveolados, é importante atentar para a manutenção e o uso corretos do mecanismo raspador do disco e ejetor das sementes, responsável por limitar o número de sementes por furo e expulsá-las em direção aos condutores. Nesse sentido, os ejetores devem ser compatíveis com o número de linhas e furos do disco utilizado. Assim, na maioria dos casos, a troca do disco implica na troca dos roletes que compõem o mecanismo ejetor.

Existem vários mecanismos dosadores de fertilizantes em semeadoras-adubadoras para a soja. O sistema que resulta em melhor uniformidade de distribuição é o dosador do tipo rosca sem-fim. Nesse mecanismo, a regulagem da dose de fertilizante é feita por meio da alteração da velocidade (geralmente, por meio da troca de engrenagens) ou do passo da rosca sem fim.

Em relação ao controlador de profundidade, o sistema com roda fluente acompanha melhor o microrrelevo do solo, mantendo a mesma profundidade de semeadura em condições distintas da área. O sistema com roda fixa não se molda aos obstáculos do terreno, não garantindo uniformidade na profundidade de deposição das sementes. Além disso, rodas raiadas (roda "vazada", não maciça) devem ser preferidas, pois permitem fluxo de palha e solo, reduzindo a possibilidade de embuchamento. De forma geral, as sementes de soja devem ser depositadas a uma profundidade de 3 cm a 5 cm. Semeaduras em profundidades maiores dificultam a emergência, principalmente em solos sujeitos ao selamento superficial e a alagamentos eventuais, em que a carência de oxigênio dificulta a emergência das plantas. Em oposto, semeaduras muito rasas aumentam as chances de desidratação das sementes ou das radículas e dos caulículos, principalmente em regiões quentes e sujeitas a veranicos.

Outro aspecto importante é a deposição do adubo no sulco, que deve ser posicionado ao lado e abaixo da semente. O contato direto do fertilizante reduz a absorção da água pela semente, já que os fertilizantes absorvem a água disponível no solo, podendo, inclusive, matar plântulas recém-emergidas. Esses danos são agravados em caso de dose alta de potássio no sulco (acima de 80 kg/ha) e deficit hídrico.

Após o posicionamento das sementes e do fertilizante no sulco, é importante o aumento da área de contato da semente com o solo, por meio do uso de compactadores. O compactador de sulco em "V" pressiona o solo contra a semente nas laterais dos sulcos, diminuindo as bolsas de ar do leito, permitindo um melhor contato do solo com as sementes, sem compactar a superfície sobre o sulco. Além disso, o compactador

em "V" auxilia no retorno do solo ao sulco, melhorando e uniformizando a cobertura das sementes. Ao contrário, o sistema de roda única traseira não proporciona um bom contato solo-semente, além de não ter efeito no retorno do solo ao sulco e, ainda, provocar crosta superficial na linha de semeadura, em casos de chuvas pesadas posteriores à semeadura.

Além dos componentes anteriormente descritos, alguns outros fatores devem ser observados na seleção ou na regulagem de semeadoras-a-dubadoras: 1) dar preferência a semeadoras com linhas pantográficas e desencontradas, visando melhor uniformidade na profundidade de deposição das sementes e do fertilizante, bem como redução de embuchamentos; 2) pneus adequados ao tamanho da semeadora e devidamente calibrados, visando reduzir problemas de distribuição de sementes e fertilizante por deslizamento dos rodados; 3) o disco de corte deve ser ajustado para que sua profundidade seja apenas o suficiente para cortar adequadamente a palhada, pois a excessiva penetração desse componente no solo contribui para aumentar o revolvimento da superfície do solo; 4) atentar para o correto nivelamento da semeadora; 5) no caso de sulcadores de fertilizante do tipo haste ou facão, a profundidade de trabalho não pode ultrapassar a profundidade crítica, que corresponde a um valor de 5 a 7 vezes a espessura da ponteira; e 6) manutenção correta de todos os componentes envolvidos na transmissão do movimento dos rodados aos dosadores de adubo e semente.

Para que os mecanismos da semeadora funcionem adequadamente, é fundamental que a velocidade de deslocamento não ultrapasse o limite indicado pela empresa fabricante da semeadora. Em geral, a velocidade adequada de deslocamento varia de 4 km/h a 6 km/h, dependendo, principalmente das características da máquina e da superfície do terreno. Além de resultar em baixa uniformidade de distribuição horizontal e vertical de sementes e fertilizantes, velocidades excessivas aumentam o revolvimento da superfície do solo, com reflexos negativos sobre a conservação do solo e da água e o manejo de plantas daninhas.

Outro aspecto importante é o conteúdo de água do solo no momento da semeadura. Em semeaduras realizadas em solos úmidos acima da ca-

pacidade de campo, a frequência de embuchamentos e o revolvimento da superfície do solo é maior, além de favorecer o “espelhamento” das paredes do sulco, o que pode dificultar o crescimento da radícula e resultar no acúmulo de água, formando um ambiente propício à ocorrência de doenças.

Referências

BALBINOT JUNIOR, A. A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Agropecuária Catarinense**, v. 25, n. 1, p. 40-43, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portarias**. 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/portarias>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. de O.; CONTE, O. **Aspectos ambientais e qualidade de semeadura em diferentes arranjos espaciais de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 46 p. (Embrapa Soja. Documentos, 383).

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; FRANCHINI, J. C.; ZUCARELI, C. Soybean agronomic performance in response to seeding rate and phosphate and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 151-157, 2018.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 362-370, 2016.

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. D. **Análise econômica de diferentes arranjos espaciais de plantas de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 8 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 383).

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

SANTOS, E. L.; AGASSI, V. J.; CHICOWSKI, A. S.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Hill drop sowing of soybean with different number of plants per hole. **Ciência Rural**, v. 48, n. 5, p. 1-6, 2018.

Capítulo 5

Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção

*Henrique Debiasi, Julio Cesar Franchini, Alvadi
Antonio Balbinot Junior e Osmar Conte*

Conceitos e estratégias para diversificação

A diversificação de culturas em sistemas de produção de soja é determinada por meio do planejamento e da adoção de um modelo de produção, que compreende os arranjos temporal e espacial das espécies vegetais e/ou animais que compõem os sistemas agrícolas (Denardin; Kochhann, 2006). Em um modelo de produção, as estratégias para diversificação de espécies vegetais envolvem o uso da rotação, sucessão e/ou consociação de culturas. O cultivo de espécies vegetais de ciclo curto entre a colheita e a semeadura das culturas principais é outra opção para aumentar a diversificação de um determinado modelo de produção.

A rotação de culturas é definida como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano. Já a sucessão de culturas consiste no ordenamento de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado, cada uma cultivada em uma estação do ano. Exemplos

de sistemas de rotação e sucessão de culturas são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Exemplo de arranjo espacial e temporal de espécies vegetais em um sistema de rotação de culturas com ciclo de quatro anos.

Talhão	Ano/estação							
	1		2		3		4 ⁽³⁾	
	Inv ⁽¹⁾	Ver ⁽²⁾	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver
A	Aveia branca	Milho	Trigo	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja	Trigo	Soja
B	Trigo	Soja	Aveia branca	Milho	Trigo	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja
C	Milho 2 ^a safra	Soja	Trigo	Soja	Aveia branca	Milho	Trigo	Soja
D	Trigo	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja	Trigo	Soja	Aveia branca	Milho

⁽¹⁾ Inv: período de outono-inverno; ⁽²⁾ Ver: período de primavera-verão; ⁽³⁾ Como se trata de um sistema de rotação com quatro anos, a partir do 5º ano um novo ciclo se inicia, com a repetição da primeira cultura prevista para o talhão (ano 1).

Tabela 2. Exemplo de arranjo espacial e temporal de espécies vegetais em um sistema de sucessão de culturas.

Talhões	Ano/estação							
	1		2		3		4 ⁽³⁾	
	Inv ⁽¹⁾	Ver ⁽²⁾	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver
A, B, C e D	Milho 2 ^a safra	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja

⁽¹⁾ Inv: período de outono-inverno; ⁽²⁾ Ver: período de primavera-verão; ⁽³⁾ Como se trata de um sistema de sucessão, o milho no outono-inverno e a soja no verão são repetidos ao longo do tempo em todos os talhões da propriedade.

Na Tabela 1 é apresentado um modelo de rotação de culturas com ciclos de quatro anos. Nesse sistema, em todos os anos, 75% da área será cultivada com soja e 25% com milho no verão e, no inverno, 50% da área será cultivada com trigo, 25% com milho 2^a safra, e 25% com aveia-branca para grãos e/ou pastejo. Já no exemplo referente ao sistema de

sucessão, 100% da área destinada ao cultivo de grãos na propriedade (talhões A, B, C e D) é cultivada com milho 2^a safra no outono-inverno e soja no verão, em todos os anos (Tabela 2). Assim, modelos de produção envolvendo a rotação de culturas são mais complexos e envolvem um maior grau de diversificação de espécies vegetais em comparação à sucessão de culturas.

O grau de diversificação biológica do modelo de produção pode ser aumentado por meio da consorciação entre espécies vegetais, tanto na rotação (Tabela 1) quanto na sucessão (Tabela 2) de culturas. A consorciação de culturas envolve o cultivo de duas ou mais espécies vegetais em uma mesma área agrícola e em um mesmo período de tempo. Nesse contexto, nos exemplos de modelos de produção em rotação ou sucessão de culturas mostrados nas Tabelas 1 e 2, o milho de 2^a safra pode ser consorciado com forrageiras tropicais, como a braquiária-ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*), objetivando aumentar a cobertura do solo e a adição de fitomassa, ou ainda, no caso de sistemas de integração lavou-ra-peuária, para produção de forragem de alta qualidade no período de entressafra.

Outra opção para diversificar os modelos de produção envolvendo a soja é a utilização de espécies vegetais de rápido desenvolvimento vegetativo no período entre a colheita e a semeadura das culturas principais. Por exemplo, no sistema de rotação (Tabela 1), entre a colheita do milho verão e a semeadura do trigo, o produtor poderia utilizar alguma espécie vegetal de ciclo curto, como o nabo-forrageiro, promovendo maior cobertura, descompactação do solo e ciclagem de nutrientes para o trigo a ser cultivado em sequência. Com esse mesmo objetivo, a área poderia ser cultivada com milheto após a colheita do milho 2^a safra e antes da semeadura da soja no sistema de sucessão de culturas, dependendo das condições climáticas da região.

Benefícios da diversificação de culturas

A diversificação de culturas é essencial para a sustentabilidade da produção de soja. No caso do sistema plantio direto (SPD), predominante nas áreas de produção de soja em todo o Brasil, a diversificação de

culturas compõe, juntamente com a cobertura permanente e o mínimo revolvimento do solo, os fundamentos básicos para utilização com sucesso desse sistema de manejo do solo. A monocultura ou mesmo o uso contínuo da sucessão trigo–soja ou milho de 2^a safra–soja acarreta o surgimento de alterações de ordem química, física e biológica no solo, que podem comprometer a estabilidade e a sustentabilidade do sistema produtivo, principalmente no médio-longo prazos. Dentre as alterações decorrentes do uso de modelos de produção pouco diversificados, pode-se destacar: diminuição do teor de matéria orgânica do solo (MOS); degradação da estrutura do solo; intensificação dos processos erosivos; redução da atividade e da diversidade biológica; aumento da incidência e da severidade de pragas e doenças; e aumento da infestação de plantas daninhas. O conjunto dessas alterações se reflete na instabilidade da produtividade da soja e no aumento dos custos de produção em resposta à ocorrência de estresses bióticos e abióticos.

Os principais benefícios proporcionados pela diversificação de culturas em sistemas de produção de soja englobam: aumento da produtividade e da estabilidade da produção de todas as culturas envolvidas no sistema; redução dos custos de produção, tanto os fixos quanto os variáveis; diminuição dos riscos climáticos e de mercado; e preservação ambiental, por meio da melhoria da qualidade do solo, da água e do ar. Esses benefícios ocorrem porque o aumento da diversidade biológica no sistema produtivo contribui para aperfeiçoar processos e melhorar características relacionadas ao solo, ao controle de pragas, doenças e plantas daninhas, bem como à gestão do empreendimento agrícola.

Preservação e melhoria da qualidade do solo

O modelo de produção determina a frequência, a quantidade e a qualidade do material orgânico aportado ao solo (Denardin; Kochhann, 2006). Portanto, quando planejada adequadamente, a diversificação de culturas aumenta o teor de MOS e proporciona maiores diversidade e quantidade de raízes, o que evita a formação de camadas compactadas no SPD e melhora a estrutura do solo ao longo do tempo. Entre as melhorias observadas na estrutura do solo, encontram-se a maior estabilidade de

agregados, a maior infiltração de água e condutividade hidráulica, e a formação de um ambiente físico mais favorável ao crescimento radicular em profundidade, o que é fundamental para o aumento da estabilidade produtiva da soja. Experimentos de longa duração conduzidos na Embrapa Soja indicam a inexistência de camadas compactadas limitantes ao crescimento radicular da soja em áreas sob SPD com mais de 30 anos de adoção, quando modelos de produção diversificados são utilizados (Debiasi et al., 2013). Da mesma forma, a diversificação de culturas é a base para a produção de cobertura do solo (viva ou morta), essencial para a redução dos processos erosivos e das perdas de água por evaporação, bem como para diminuir os picos de temperatura do solo que podem prejudicar a fixação biológica de nitrogênio, o crescimento e o funcionamento das raízes da soja.

A melhoria da fertilidade química do solo pela diversificação de culturas constitui-se em um dos aspectos mais importantes na racionalização do uso de fertilizantes, podendo, no longo prazo, diminuir os custos de produção sem redução dos teores de nutrientes no solo. A alternância de espécies vegetais com diferentes exigências nutricionais, eficiências de uso de nutrientes e características de sistema radicular, promove a reciclagem de nutrientes. Com isso, nutrientes que não são absorvidos pela soja, seja por sua localização em camadas de solo abaixo da explorada pelo sistema radicular, seja pela baixa eficiência de absorção, podem ser aproveitados por outras espécies vegetais e, a partir da decomposição da palhada dessas espécies, tornarem-se disponíveis. Os maiores teores de MOS em modelos de produção diversificados resultam na complexação de elementos tóxicos, como o Al, e em maior disponibilidade de nutrientes pelo aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), pela mineralização e pela redução da adsorção de nutrientes, particularmente o P. Além disso, a diversificação de culturas conduz ao aumento da diversidade biológica do solo, o que é importante para a manutenção de funções relacionadas à biota do solo, como a ciclagem de nutrientes, a agregação do solo e o controle de patógenos.

Controle de pragas, doenças e plantas daninhas

A inserção de espécies vegetais em sistemas de produção que não sejam hospedeiras de fitopatógenos e insetos-praga da soja é uma das principais práticas para o manejo integrado desses estresses bióticos. A rotação com culturas não hospedeiras reduz a quantidade de inóculo e, consequentemente, a ocorrência de doenças da soja causadas por patógenos capazes de sobreviver nos restos culturais, como a mancha-alvo e a podridão da raiz (*Corynespora cassiicola*), a mancha-parda (*Septoria glycines*) e o crestamento de Cercospora (*Cercospora kikuchii*), entre outras. A diversificação por meio da rotação e/ou sucessão com culturas não hospedeiras reduz a população e os danos ocasionados à soja pelos nematóides de cisto (*Heterodera glycines*), de galhas (*Meloidogyne spp.*), o reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) e o das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*). As espécies vegetais indicadas para rotação ou sucessão com a soja visando o controle dos principais nematóides de importância para a cultura encontram-se no capítulo 10 "Manejo de doenças". Entre essas espécies, destacam-se as pertencentes ao gênero *Crotalaria*, como *C. spectabilis* e *C. ochroleuca* (Dias et al., 2010).

Doenças ocasionadas por agentes biotróficos (que necessitam de hospedeiros vivos para sobreviver), como o ódio (*Erysiphe diffusa*) e a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) não são afetadas pela rotação de culturas. A rotação de culturas é menos eficiente no controle de doenças causadas por fitopatógenos de solo que apresentem estruturas de resistência (escleródios, clamidosporos e oósporos) em comparação aqueles que não possuem essas estruturas, pois o tempo necessário sem culturas hospedeiras para redução expressiva desses patógenos é grande (Santos; Reis, 2001). Nesse grupo, encontram-se doenças como o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), a podridão vermelha da raiz (*Fusarium spp.*), a mela (*Rhizoctonia solani*) e a podridão radicular de *Phytophthora* (*Phytophthora sojae*). Adicionalmente, a eficiência da rotação de culturas como ferramenta de redução da população de fitopatógenos que apresentem uma ampla gama de hospedeiros (polífagos), como *Macrophomina phaseolina* (causador da podridão de carvão), tende a ser pequena (Almeida et al., 2014).

Além de reduzir a população de pragas ou fitopatógenos, a diversificação de culturas melhora a qualidade física, química e biológica do solo, contribuindo de modo indireto para a diminuição dos danos causados à soja. A melhoria na qualidade do solo proporciona a formação de ambiente supressor à sobrevivência, à disseminação, à infecção, à colonização e à reprodução de pragas e fitopatógenos, resultando em redução dos prejuízos econômicos ocasionados à soja. Nesse contexto, a redução da compactação e a melhoria da estrutura do solo, proporcionadas pela diversificação de culturas, diminuem os danos associados à podridão vermelha da raiz (*Fusarium spp.*) (Dianese et al., 2010), à podridão de carvão (*Macrophomina phaseolina*) (Almeida et al., 2010) e à podridão radicular de *Phytophthora* (*Phytophthora sojae*) (Costamilan et al., 2010). Da mesma forma, a cobertura do solo com palhada produzida por culturas em rotação ou sucessão à soja contribui para o controle do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Görgen et al., 2010) e da mela (*Rhizoctonia solani*) (Henning et al., 2014). A redução da severidade do mofo-branco pela cobertura do solo com palha está associada principalmente à formação de uma barreira física que impede a passagem de luz, essencial para a germinação carpogênica dos escleródios. Já no caso da mela, a cobertura do solo com palha dificulta que as estruturas desse patógeno atinjam as plantas, via respingos. A diversificação de culturas, ao melhorar o ambiente para a biota do solo, pode favorecer também a colonização de estruturas de resistência de fungos (escleródios, clamidosporos e oosporos) por organismos de solo, diminuindo a viabilidade das mesmas e, consequentemente, os danos associados a doenças como o mofo-branco (Görgen et al., 2010) e a podridão de carvão (Almeida et al., 2014).

A diversificação de culturas possibilita a variação de princípios ativos de herbicidas, contribuindo assim para a redução do risco de seleção de plantas daninhas tolerantes e/ou resistentes. Adicionalmente, a cobertura do solo proporcionada por modelos de produção diversificados auxilia no controle de diversas espécies daninhas, em função da barreira física que dificulta a penetração de luz e a emergência das plantas e, em alguns casos, em decorrência da liberação de aleloquímicos (Concenço; Grigolli, 2014).

Benefícios da diversificação de culturas na gestão do empreendimento agrícola

Em modelos de produção pouco diversificados, como a sucessão soja-milho 2^a safra, ocorre alta concentração de atividades em períodos curtos durante o ano. Com isso, aumenta o risco da perda da época mais adequada para a realização das operações (semeadura, colheita, aplicação de agrotóxicos, entre outras), com prejuízos na eficiência do uso de insumos e na produtividade da soja. Além disso, a necessidade de rapidez pelo pouco tempo disponível pode comprometer a qualidade das operações agrícolas, não só pelo aumento da velocidade de execução, mas também pela realização no momento em que os teores de água do solo são inadequados. Por outro lado, a diversificação de culturas, quando bem planejada, permite distribuição adequada das operações agrícolas ao longo do ano, o que pode melhorar a qualidade e reduzir os riscos de execução fora do período mais indicado.

Outros benefícios provenientes do uso de modelos de produção diversificados compreendem: a diversificação da renda gerada pela atividade agrícola, reduzindo os riscos climáticos e de mercado; o melhor aproveitamento de insumos, de máquinas e da mão de obra disponível, reduzindo os custos fixos; e a possibilidade de escalonamento de épocas de semeadura e o uso de cultivares com diferentes durações de ciclo, reduzindo os riscos de perdas de produtividade por estresses bióticos e abióticos.

Planejamento de modelos de produção diversificados

Critérios para escolha e distribuição espacial e temporal das espécies vegetais

A escolha das espécies vegetais para compor modelos de produção diversificados deve levar em consideração, em primeiro lugar, o zoneamento agroclimático e a aptidão agrícola dos diferentes talhões, definida pelas condições locais de clima, solo e topografia. Da mesma forma, sob o ponto de vista econômico, a tomada de decisão a respeito da substituição de uma cultura por outra em parte da área da propriedade deve considerar não somente a comparação direta da rentabilidade de

cada uma, mas também o potencial de aumento da produtividade e de redução dos custos no médio-longo prazo em ambas as culturas, proporcionados pela maior diversificação de espécies vegetais.

Além desses fatores, a combinação espaço-temporal de espécies vegetais dentro de um talhão deve atender ao maior número possível dos seguintes princípios:

- Produção de fitomassa da parte aérea e de raízes em quantidade e qualidade, visando ao aumento do teor de MOS e à formação de cobertura morta com persistência o suficiente para ser eficiente na redução dos processos erosivos, das oscilações de temperatura, das perdas de água por evaporação e dos danos de determinadas doenças, como mofo branco e a mela.
- Reduzir o tempo em que a área permanece sem culturas vivas, contemplando a inclusão, em alguma fase, de culturas caracterizadas por alta produção de fitomassa e sistema radicular profundo e vigoroso, visando melhorar a qualidade do solo. Além de atender à necessidade de cobertura permanente do solo, a diminuição do tempo sem culturas vivas é essencial para evitar a compactação do solo.
- Alternância de espécies vegetais com diferentes exigências nutricionais e capacidades de aproveitamento de nutrientes (leguminosas e gramíneas, por exemplo), visando ao aumento da eficiência de uso dos fertilizantes.
- Evitar espécies que sejam hospedeiras de pragas e fitopatógenos de importância econômica para as culturas principais.
- Permitir a diversificação de princípios ativos e mecanismos de ação de herbicidas, inseticidas e fungicidas, para evitar a seleção de espécies/biótipos tolerantes ou resistentes. Ressalta-se que o efeito residual dos herbicidas utilizados em determinada espécie vegetal deve ser inferior ao intervalo entre a aplicação e a semeadura da próxima cultura, caso essa apresente sensibilidade ao herbicida.
- Evitar o cultivo para produção de sementes de espécies vegetais com potencial de se tornarem invasoras de difícil controle para a(s) cultura(s) principal(is) implantadas em sequência.
- Sempre que possível, alternar espécies vegetais pertencentes a diferentes famílias botânicas, principalmente considerando a sucessão dentro de um mesmo ano agrícola. A observação desse critério contribui para atender alguns dos princípios descritos anteriormente (c, d, e, f).
- Todas as espécies componentes do sistema devem gerar renda direta pela produção de grãos, sementes e/ou forragem, e/ou indireta por meio de

efeitos positivos sobre as culturas subsequentes. A maior parte das espécies vegetais com grande potencial de adição de fitomassa da parte aérea e de raízes (em sua grande maioria, gramíneas) não resulta em produtos comercializáveis na forma de grãos, ou os mesmos são de baixo valor e/ou mercado restrito. No entanto, além da geração de renda indireta pelos efeitos benéficos no sistema de produção, a maioria dessas espécies pode ser utilizada para a produção de forragem de qualidade em sistemas de integração lavoura-pecuária, com geração de renda pela produção de carne e leite. Por outro lado, o nitrogênio fixado biologicamente por espécies leguminosas e disponibilizado, via mineralização, ao milho cultivado em sequência, deve ser considerado como produto, cujo valor corresponde à redução dos custos de produção da gramínea.

- O modelo diversificado de produção deve permitir flexibilidade na mudança das espécies vegetais envolvidas, de modo a atender às particularidades regionais e as perspectivas de comercialização dos produtos.
- O ciclo das espécies vegetais e/ou cultivares, assim como a época de semeadura, deve ser definido de modo a possibilitar a implantação da cultura subsequente em época adequada ao seu desenvolvimento e produtividade.

Implantação e condução dos modelos de produção diversificados

A implantação de um modelo de produção diversificado deve ser gradativa para não causar transtornos operacionais ou econômicos ao produtor, tendo em vista que a diversificação de culturas aumenta o grau de complexidade das tarefas a serem executadas. Uma vez definidas as espécies vegetais e o seu arranjo no espaço e no tempo, a área cultivada da fazenda deve ser dividida em tantas partes quantos forem os anos de duração do ciclo do modelo de produção. Assim, para um modelo de produção com ciclo de quatro anos, como o exemplo da Tabela 1, a área cultivada deve ser dividida em quatro partes. Dependendo do tamanho da propriedade, cada parte pode ser composta por um ou mais talhões.

Opções de espécies vegetais para diversificação de sistemas de produção de soja

Opções para a safra de verão

O milho tem sido a principal opção para rotação com a soja no verão, especialmente em regiões com temperaturas médias noturnas mais

baixas e adequada disponibilidade de água e de radiação solar, condições essas que aumentam o potencial de produtividade dessa gramínea. Resultados de pesquisa indicam aumento da produtividade da soja e do milho em sistemas de rotação cuja porcentagem da área ocupada pela gramínea varie de 25% a 50% (Gaudêncio et al., 1986; Franchini et al., 2011). Outras opções para rotação com a soja no verão envolvem o arroz, o sorgo, o algodão, o girassol e espécies forrageiras para uso em sistemas de integração lavoura-pecuária, como as pertencentes aos gêneros *Urochloa* e *Panicum*. No verão, a rotação da soja com espécies de crotalárias com baixo fator de reprodução para nematoides, como *Crotalaria spectabilis* ou *Crotalaria ochroleuca*, é indicada para redução da população de nematoides, especialmente em áreas infestadas com *Pratylenchus brachyurus*. Culturas como o milho ou o sorgo, cultivadas em rotação com a soja no verão, podem ser consorciadas com forrageiras tropicais (*Urochloa* spp. e *Panicum* spp., por exemplo), visando à produção de palhada e/ou à formação de pastagem anual ou perene em sistemas de integração lavoura-pecuária.

Opções para a entressafra de verão

Para aumentar a sustentabilidade do sistema de produção de soja, a alternância de espécies vegetais na entressafra tem se mostrado tão importante quanto a rotação durante a safra de verão. As opções para diversificação de culturas na entressafra de verão variam amplamente em função das condições edafoclimáticas da região.

Região subtropical

Para as regiões com inverno mais frio, a principal cultura utilizada em sucessão à soja é o trigo. Resultados de pesquisa mostram que a rotação com outras espécies vegetais de inverno, como a aveia-preta ou a aveia-branca, aumenta a produtividade da soja e do trigo implantados na sequência (Santos; Reis, 2001; Franchini et al., 2011). Além das aveias, gramíneas como a cevada, o centeio e o triticale podem compor sistemas de rotação com o trigo no inverno, aumentando a diversidade biológica do modelo de produção e beneficiando a cultura da soja implantada em sequência. No entanto, deve-se levar em consideração que estas espécies apresentam suscetibilidade em comum a alguns fitopatógenos,

como *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, *Bipolaris sorokiniana* e *Gibberella zeae*. Assim, o planejamento deve ser feito de forma a evitar a repetição destas culturas em anos seguidos, para que haja tempo suficiente para decomposição da fitomassa destes cereais de inverno. A canola, o nabo-forrageiro e leguminosas como a ervilhaca-comum, a ervilhaca-peluda, a ervilha-forrageira, o tremoço branco e o tremoço azul também podem ser utilizados em rotação com o trigo, em cultivo solteiro ou consorciado. Preferencialmente, essas espécies devem entrar no modelo de produção como culturas antecessoras ao milho de verão, com benefícios em termos de ciclagem e fornecimento de N. Entretanto, a produção de sementes de espécies como ervilhaca, nabo-forrageiro ou tremoço, assim como de grãos de canola, não é indicada em áreas com histórico de ocorrência de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*).

No caso de culturas de cobertura, os benefícios das mesmas para o sistema de produção, principalmente no que se refere ao aumento da diversidade biológica, são potencializados com a utilização de consórcios entre duas ou mais espécies vegetais, com características distintas (ciclo, velocidade de crescimento inicial, profundidade e volume radicular, porte, tolerância ao sombreamento, exigências nutricionais, entre outras). Essa diferenciação é essencial para garantir que todas as espécies que compõe os consórcios tenham um crescimento satisfatório, explorando nichos diferentes e minimizando a competição entre elas. Alguns exemplos de consórcios e respectivas quantidades de sementes puras viáveis por hectare (entre parêntesis) que podem ser utilizados: aveia-preta (40) + nabo-forrageiro (12); aveia-preta (40) + ervilhaca-comum (30); aveia-preta (40) + ervilha-forrageira (30); aveia-preta (35) + centeio (20) + nabo-forrageiro (7); aveia-preta (35) + ervilhaca-comum (20) + nabo-forrageiro (7); aveia-preta (35) + ervilha-forrageira (25) + nabo-forrageiro (7); aveia-preta (25) + centeio (15) + ervilhaca-comum (15) + nabo-forrageiro (5); aveia-preta (25) + centeio (15) + ervilha forrageira (20) + nabo-forrageiro (5). Ressalta-se que as indicações de espécies vegetais e quantidades de sementes para os consórcios variam grandemente com as condições de solo e microclimáticas da propriedade rural, de forma que ajustes locais devem ser realizados.

As aveias, em cultivo solteiro ou preferencialmente consorciadas com o azevém, são alternativas para produção de forragem em sistemas de integração lavoura-pecuária, intensificando o sistema de produção e diversificando a geração de renda do produtor. Consórcios com três ou quatro espécies (aveia + azevém, adicionado-se centeio e/ou uma leguminosa como a ervilhaca) também são indicados para sistemas de integração lavoura-pecuária, combinando assim maior período de pastejo com melhor valor nutricional. As quantidades de sementes indicadas como ponto de partida para estes consórcios, que devem ser ajustadas conforme as condições edafoclimáticas da região e os objetivos do produtor, são as seguintes (valores entre parêntesis, em kg/ha de sementes puras viáveis: aveia-preta (45) + azevém (20); aveia-preta (40) + ervilhaca-comum (25) + azevém (15); e aveia-preta (35) + centeio (30) + azevém (20).

O intervalo (“janela”) entre a colheita das culturas de verão e a implantação da cultura de inverno pode ter duração superior a 100 dias, dependendo da região, da espécie vegetal (milho ou soja) e da época de semeadura. Nesse período, é indicada a utilização de espécies de ciclo curto e/ou rápido crescimento inicial para produção de forragem ou cobertura de solo, como o milheto, o nabo-forrageiro, a aveia-preta, a crotalaria-juncea, o capim-sudão e o trigo-mourisco, em cultivo solteiro ou consorciado. Espécies de ciclo curto para produção de grãos, como o feijão-comum e o trigo-mourisco, também podem ser eventualmente utilizadas nesse intervalo. No caso do feijão-comum, deve-se evitar o seu cultivo em sucessão à soja, em virtude do provável aumento na quantidade de inóculo de alguns fitopatógenos que atacam a raiz e o caule de ambas as espécies.

Um exemplo de modelo de produção diversificado para a região subtropical, com ciclo de quatro anos, é apresentado na Figura 1. Nesse sistema, dependendo da condição edafoclimática, o nabo-forrageiro pode ser substituído por feijão-comum ou por alguma espécie forrageira anual. Da mesma forma, a sequência milho solteiro–nabo-forrageiro pode ser substituída pelo consórcio milho + braquiária-ruziensis, sendo essa espécie utilizada para pastejo, após a colheita do milho. No outono-in-

verno do 2º e/ou 3º anos, a aveia-branca e/ou o trigo pode(m) ser substituído(s) por pastagem de aveia-preta + azevém. Da mesma forma, é possível substituir o trigo no 3º ano por cevada. Antecedendo ao milho, deve-se dar preferência a espécies leguminosas e/ou de outras famílias com grande capacidade de ciclagem de N, em cultivo solteiro ou consorciado com gramíneas, como a aveia-preta. Assim, além do consórcio aveia-preta + nabo-forrageiro, podem ser utilizados, entre outras opções, o nabo-forrageiro solteiro, aveia-preta + ervilhaca ou algum outro consórcio envolvendo gramíneas, leguminosas e/ou nabo-forrageiro, a exemplo dos citados anteriormente. Dependendo da perspectiva de mercado e dos objetivos do produtor, a sucessão soja/aveia-branca pode ser substituída por soja/aveia-preta + nabo (ou outra cobertura envolvendo espécies leguminosas em cultivo solteiro ou consorciado) seguida de milho verão. Nesse caso, a proporção de milho verão passaria de 25% para 50% da área.

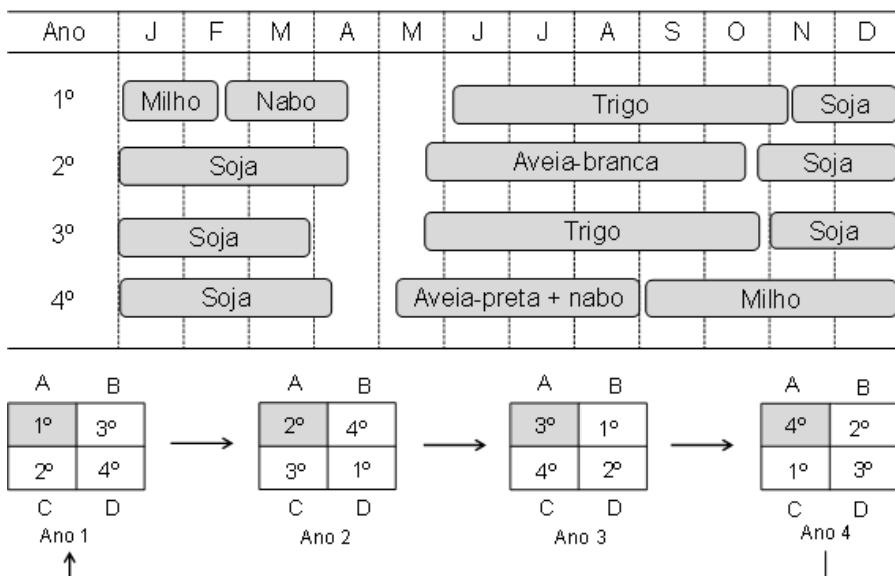


Figura 1. Distribuição temporal e espacial das espécies vegetais em um exemplo de modelo de produção com ciclo de quatro anos, para a região subtropical do Brasil. Os quadrados abaixo do cronograma representam a distribuição dos diferentes anos do modelo de produção nos quatro talhões (A, B, C e D) que compõe a área cultivada do empreendimento agrícola.

Região de transição climática

Nas regiões de transição entre o clima subtropical e o tropical (norte e oeste do Paraná, sudoeste de São Paulo e sul do Mato Grosso do Sul), o milho 2^a safra tem sido a cultura predominantemente utilizada em sucessão à soja. Embora seja uma opção interessante para gerar e diversificar a renda da propriedade, o uso contínuo e exclusivo da sucessão soja–milho 2^a safra tem conduzido a vários problemas, tais como: baixa cobertura do solo, com aumento das perdas de água por evaporação, intensificação dos processos erosivos e aumento da ocorrência de determinadas espécies de plantas daninhas, como a buva (*Conyza spp.*) e o capim-amargoso (*Digitaria insularis*); período de cerca de dois a três meses sem culturas vivas na área entre a colheita do milho e a semeadura da soja, o que não é adequado sob o ponto de vista de manejo de plantas daninhas e preservação/melhoria da qualidade do solo; formação de camadas compactadas de solo; e aumento da população e danos de nematoides, particularmente *Pratylenchus brachyurus*.

A utilização de modelos de produção em que a proporção de milho solteiro na 2^a safra é limitada a 50% da área aumenta tanto a produtividade da soja cultivada em sucessão quanto a produtividade do milho na 2^a safra (Franchini et al., 2011). É importante considerar ainda que a diversificação, no outono-inverno, da sucessão milho 2^a safra/soja, pode reduzir os custos de produção, principalmente os relacionados ao controle de plantas daninhas na “janela” entre a colheita do milho e a semeadura da soja.

Entre as opções para rotação com o milho 2^a safra na região de transição climática, destacam-se o trigo, as aveias, o triticale, o centeio, o nabo-forrageiro, a canola, o girassol, o sorgo-granífero ou forrageiro e algumas espécies de forrageiras tropicais, como as pertencentes aos gêneros *Urochloa* e *Panicum*. As aveias, assim como as forrageiras tropicais cultivadas na entressafra de verão, podem ser utilizadas para pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária, aumentando e diversificando a renda do produtor. Espécies leguminosas como o tremoço-branco e a ervilha-forrageira, em cultivo solteiro ou consorciado com aveia, também são opções de rotação com o milho 2^a safra, porém devem ser uti-

lizadas preferencialmente antecedendo espécies gramíneas na safra de verão, como o milho. Outra opção, indicada principalmente para áreas com altas populações de nematoides, é o cultivo de *C. spectabilis* ou *C. ochroleuca*, solteiras ou consorciadas com genótipos de milheto com baixo fator de reprodução para esses parasitas.

Visando potencializar os benefícios das culturas de cobertura para os sistemas de produção, aumentando a diversidade biológica, uma alternativa interessante é a utilização de consórcios de duas ou mais espécies, com características agronômicas diferentes (ciclo, velocidade de crescimento inicial, profundidade e volume radicular, porte, tolerância ao sombreamento, exigências nutricionais, entre outras). No caso da opção por consórcios envolvendo culturas de cobertura de inverno, as alternativas são similares às mencionadas no item “Região subtropical”. Ressalta-se, entretanto, que espécies como as ervilhacas e o azevém não são indicadas nas áreas mais quentes da região de transição climática. Outras opções de consórcios para a região de transição climática, envolvendo espécies vegetais de clima tropical, são as seguintes (entre parêntesis, a quantidade sugerida de kg/ha de sementes puras viáveis para cada espécie): braquiária-ruzizensis (2) + crotalária-ochroleuca (10); braquiária-ruziensis (3,5) + nabo-forrageiro (12); braquiária-ruziensis (3,5) + trigo-mourisco (25); milheto (4) + crotalária-ochroleuca (10); milheto (4) + crotalária-spectabilis (20); milheto (8) + nabo-forrageiro (12); milheto (5) + braquiária-ruziensis (2) + crotalária-ochroleuca (10); milheto (4) + nabo-forrageiro (6) + crotalária-ochroleuca (10); milheto (4) + nabo-forrageiro (6) + crotalária -spectabilis (20); milheto (6) + nabo-forrageiro (10) + trigo-mourisco (20); braquiária-ruziensis (3) + nabo-forrageiro (10) + trigo-mourisco (20); e milheto (4) + braquiária-ruziensis (2) + crotalária-ochroleuca (10) + trigo-mourisco (15) ou nabo-forrageiro (5). A exemplo do comentado no item anterior, as indicações de espécies vegetais e, principalmente, das quantidades de sementes para os consórcios variam grandemente com as condições edafoclimáticas da região, de forma que ajustes locais são necessários.

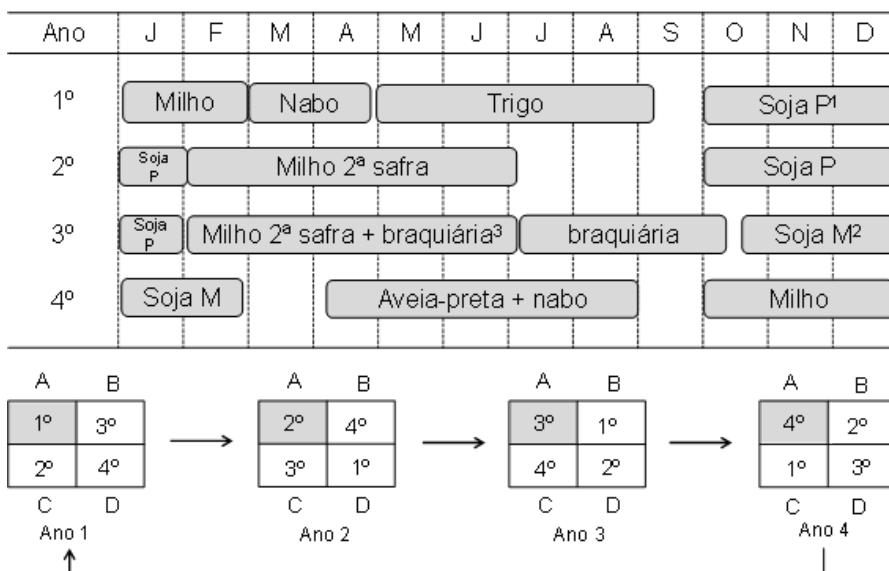
O consórcio do milho 2ª safra com espécies forrageiras tropicais, sobre tudo a braquiária-ruziensis, tem se constituído em uma das principais

alternativas para diversificar os modelos de produção envolvendo a soja na região de transição climática. Em regiões mais frias, outra possibilidade de consórcio envolve a sobressemeadura da aveia-preta após a adubação nitrogenada de cobertura no milho. Além dos consórcios, o cultivo de espécies vegetais com desenvolvimento vegetativo rápido entre a colheita do milho 2^a safra ou do trigo e a semeadura da soja, como o milheto, as aveias ou o nabo forrageiro, é outra possibilidade para formação de cobertura do solo e aumento da quantidade de raízes no sistema, em regiões onde há disponibilidade de água e temperaturas adequadas para espécies tropicais, por exemplo (média mínima noturna de 15° C, sem geadas).

Em algumas regiões e em alguns anos, uma alternativa adotada por alguns produtores para a diversificar e intensificar o sistema soja/milho 2^a safra envolve o cultivo de trigo ou aveia-branca para produção de grãos (3^a safra) após o milho 2^a safra. Até o presente momento, tem-se poucas informações técnicas e científicas a respeito da viabilidade técnica e econômica do cultivo de cereais de inverno como 3^a safra, bem como seus impactos na qualidade física, química e biológica do solo, tornando necessário o desenvolvimento de mais pesquisas.

Na Figura 2, é mostrado um exemplo de modelo de produção diversificado para a região de transição climática, cuja duração do ciclo de rotação é de quatro anos. De maneira similar ao exemplo para a região subtropical (Figura 1), o nabo-forrageiro pode ser substituído por feijão-comum, dependendo da região e da época de semeadura do milho. No 3º ano, o consórcio milho + braquiária pode ser substituído pela sobressemeadura de aveia-preta (preferencialmente, cultivares de ciclo mais longo) após a adubação de cobertura do milho, especialmente em regiões com inverno mais frio e melhor distribuição de chuvas. Outra opção é o cultivo de milheto, aveia-preta, aveia-branca ou nabo-forrageiro para cobertura do solo entre a colheita do milho e a semeadura da soja. Antecedendo o milho, deve-se dar preferência a espécies leguminosas e/ou de outras famílias com grande capacidade de ciclagem de N, em cultivo solteiro ou consorciado com gramíneas. Assim, além do consórcio aveia-preta + nabo-forrageiro, podem ser utilizadas, entre outras opções, o na-

bo-forrageiro solteiro, o tremoço-branco, a ervilha-forrageira, a canola e consórcios envolvendo leguminosas, mencionados no item “Região subtropical”. O trigo ou a aveia-branca para grãos também podem ser utilizados antes do milho de verão, porém a necessidade de adubação nitrogenada será maior (ausência de fixação biológica e imobilização de nitrogênio pela palhada do trigo). Observa-se ainda que, o modelo de produção diversificado da Figura 2 permite utilizar cultivares de soja com diferentes ciclos, mais precoce antes do milho 2^a safra e mais longo antes do consórcio de plantas de cobertura (aveia-preta + nabo forrageiro). Tal arranjo reduz os riscos de perdas de produtividade por estresses bióticos e abióticos.



⁽¹⁾Soja P = soja de cultivares com ciclo mais precoce, que permitem a semeadura do milho na 2^a safra em época favorável.; ⁽²⁾Soja M = soja de cultivares com ciclo mais longo, permitindo redução de riscos de quebras de produtividade por estresses abióticos e bióticos.; ⁽³⁾Braquiária-ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*).

Figura 2. Distribuição temporal e espacial das espécies vegetais em um exemplo de modelo de produção com ciclo de quatro anos, para a região de transição climática. Os quadrados abaixo do cronograma representam a distribuição dos diferentes anos do modelo de produção nos quatro talhões (A, B, C e D) que compõe a área cultivada do empreendimento agrícola.

Região tropical

Para a região tropical, a duração do período das chuvas, associada às condições de temperatura, determinam as opções para cultivo na entressafra de verão. O girassol, o sorgo (granífero ou forrageiro), o milheto, o capim-sudão, o capim-coracana (*Eleusine coracana*) e as forrageiras tropicais (*Urochloa* spp. e *Panicum* spp.) são exemplos de espécies vegetais que podem ser utilizadas em rotação com o milho de 2^a safra. O nabo-forrageiro também pode ser utilizado, especialmente em consórcio com outras espécies, como o milheto. O consórcio do milho ou do sorgo com forrageiras tropicais, especialmente braquiária-ruziziensis, constitui-se em uma das melhores opções para diversificar os modelos de produção na entressafra de verão, aumentando a cobertura e melhorando a qualidade do solo. O sorgo-forrageiro, o milheto, o capim-sudão, o capim-coracana e as forrageiras tropicais perenes podem ser utilizados como pastagens anuais ou perenes em sistemas de integração lavoura-pecuária. Em áreas com histórico de ocorrência de nematoides, espécies de crotalárias com baixo fator de reprodução para esses parasitas, como *C. spectabilis* e *C. ochroleuca*, podem ser utilizadas na 2^a safra em rotação com o milho, em cultivo solteiro ou consorciado com genótipos de milheto resistentes. Entretanto, o cultivo das crotalárias na 2^a safra é menos eficiente que o de verão na redução da população e dos danos dos nematoides. Assim, em áreas com altas populações e que apresentam condições edafoclimáticas favoráveis ao aumentos dos danos de nematoides, a rotação da soja com espécies de crotalárias no verão pode ser necessária para viabilizar economicamente a oleaginosa. Em regiões com melhor distribuição de chuvas ao longo do ano, como algumas áreas do centro-sul, oeste e médio-norte do Mato Grosso, o algodão pode ser utilizado em rotação com o milho na 2^a safra. Nesse caso, a cultura de verão antecedendo o algodão pode ser a soja (cultivares superprecoce, com ciclo ao redor de 100 dias), o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) ou espécies para cobertura do solo, como milheto e as crotalárias, em cultivo solteiro ou consorciado.

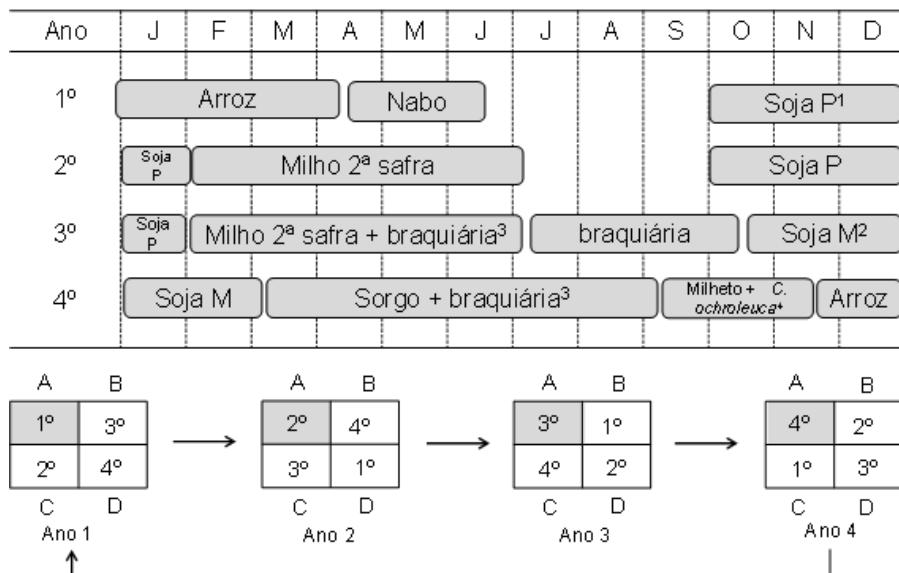
Também para a região tropical, os benefícios das culturas de cobertura são maiores quando se utiliza consórcios com duas ou mais espécies com características diferentes e complementares. As sugestões de con-

sórcios envolvendo espécies tropicais para a região de transição climática, também são válidas para a região tropical. Entretanto, é importante frisar que as espécies vegetais componentes dos consórcios, assim como as quantidades de sementes, devem ser ajustadas em função das condições de solo e microclimáticas específicas do talhão, da estrutura de máquinas e equipamentos e dos objetivos do produtor.

Em regiões onde a duração do período chuvoso é menor (por exemplo, Tocantins, oeste da Bahia, sul do Maranhão e sudoeste do Piauí), a produção de cobertura do solo na entressafra pode ser viabilizada principalmente pelo estabelecimento de forrageiras tropicais perenes antes da colheita da cultura do verão (soja, milho ou sorgo), como as pertencentes ao gênero *Urochloa* (braquiárias). Isso pode ser obtido pelo consórcio de milho ou sorgo com braquiária no verão. Outra possibilidade é o cultivo integrado de soja com braquiária, por meio da sobressemeadura da braquiária quando a soja está no final do enchimento de grãos, ou pela semeadura do capim nas entrelinhas da soja quando essa se encontra com três a quatro trifólios. Espécies como o capim-coracana e o milheto também podem ser utilizadas em sobressemeadura visando à produção de palhada para o SPD.

Um exemplo de modelo de produção diversificado para a região tropical é apresentado na Figura 3. Esse esquema é viável em regiões onde a duração do período chuvoso se estende, pelo menos, do início de outubro ao fim de abril. Em áreas de maior altitude e com adequada disponibilidade de radiação solar, o arroz pode ser substituído pelo milho no verão. Outra alternativa é a substituição da sequência arroz/nabo pelo algodão safra, em regiões propícias a essa cultura. No 2º ano, o milho de 2ª safra pode ser substituído por algodão safrinha em regiões onde essa cultura é viável. Nesse caso, deve-se utilizar cultivares superprecoce de soja na safra de verão anterior, semeadas no início do período chuvoso. No intervalo entre o manejo da braquiária-ruziziensis consorciada com o sorgo e a semeadura do arroz, pode-se adicionar o nabo-forrageiro ao consórcio milheto + *C. ochroleuca*, aumentando a diversidade de espécies e favorecendo a melhoria da estrutura do solo pelo efeito do sistema radicular do nabo. Outra opção para essa “janela” é o uso de *C. ochroleuca*

solteira. O consórcio sorgo + braquiária pode ser substituído por girassol. É importante ressaltar que o modelo de produção diversificado da Figura 3 permite utilizar cultivares de soja com diferentes ciclos, mais precoce antes do milho 2^a safra e mais longo antes do consórcio sorgo + braquiária. Tal arranjo reduz os riscos de perdas de produtividade por estresses bióticos e abióticos.

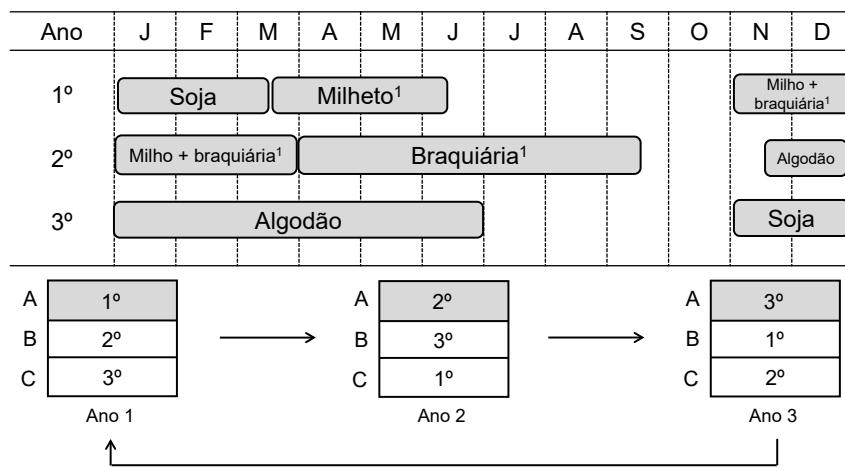


⁽¹⁾Soja P = soja de cultivares com ciclo mais precoce, que permitam a semeadura do milho na 2^a safra em época favorável.; ⁽²⁾Soja M = soja de cultivares com ciclo mais longo, permitindo redução de riscos de quebras de produtividade por estresses abióticos e bióticos; ⁽³⁾Braquiária-ruziensis (*Urochloa ruziensis*); ⁽⁴⁾ C. ochroleuca = *Crotalaria ochroleuca*.

Figura 3. Distribuição temporal e espacial das espécies vegetais em um exemplo de modelo de produção com ciclo de quatro anos, para a região tropical (estação chuvosa com aproximadamente sete meses). Os quadrados abaixo do cronograma representam a distribuição dos diferentes anos do modelo de produção nos quatro talhões (A, B, C e D) que compõe a área cultivada do empreendimento agrícola.

Outro exemplo de modelo de produção diversificado, que pode ser utilizado em regiões de clima tropical, onde o cultivo de espécies vegetais na entressafra de verão é limitado em razão da menor duração do período de chuvas, é mostrado na Figura 4. Nesse modelo, a braquiária-ruziensis implantada via consórcio com o milho. Outras

espécies de braquiária, como *Urochloa brizantha*, podem ser utilizadas em substituição à braquiária-ruziziensis, especialmente se o objetivo for a utilização para pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária. No 2º ano, a soja é seguida por cobertura de milheto implantado em sobressemeadura, o qual pode ser substituído por outras gramíneas como o capim-coracana e o capim-sudão. Dependendo da região, do tipo de solo e da época de colheita da soja, é possível utilizar espécies de crotálaria (*C. spectabilis* ou *C. ochroleuca*) em sucessão à oleaginosa, particularmente em áreas com histórico de danos por nematoïdes. O algodão pode ser substituído por soja no verão seguida de espécies de braquiária ou cultivares de *Panicum maximum*, implantadas em sobressemeadura no final do período de enchimento de grãos da soja.



⁽¹⁾ Explicação... (Pedir para o autor alterar no original. Não consigo editar a imagem)

Figura 4. Distribuição temporal e espacial das espécies vegetais em um exemplo de modelo de produção com ciclo de três anos, para a região tropical (estação chuvosa com aproximadamente seis meses). Os quadrados abaixo do cronograma representam a distribuição dos diferentes anos do modelo de produção nos três talhões (A, B e C) que compõe a área cultivada do empreendimento agrícola.

Indicações para o consórcio do milho com braquiária

Conforme descrito nos itens anteriores, o consórcio do milho com espécies de braquiária, especialmente a ruziziensis (*U. ruziziensis*), é uma

das principais alternativas para diversificar os sistemas de produção envolvendo a soja. De acordo com Ceccon et al. (2013), o milho deve ser semeado seguindo as mesmas indicações para o cultivo solteiro na sua respectiva estação de cultivo. Conforme os mesmos autores, as principais opções para o estabelecimento da braquiária em consórcio com milho são:

- Implantação com linha intercalar: essa modalidade foi desenvolvida para espaçamento de 75 cm a 90 cm entre as linhas de milho, exclusivamente para produção de palha para cobertura do solo. O consórcio é implantado com a mesma semeadura empregada para a soja, ajustando-a para semeadura de uma linha de milho e outra de braquiária, de modo alternado. Na linha do milho, utiliza-se um disco para semear milho, e na linha de braquiária, um disco para semear sorgo. A quantidade de sementes de braquiária deve ser de aproximadamente 200 pontos de valor cultural (VC) por hectare, o que corresponde a aproximadamente 15 plantas m². A profundidade de semeadura da braquiária deve ser de 2-3 cm. A adubação deve ser realizada apenas na linha do milho, visando reduzir a competição da braquiária com o milho.
- Implantação com linhas duplas de milho intercaladas com uma de braquiária: trata-se de uma alternativa para estabelecimento do consórcio quando a semeadura do milho é realizada em espaçamento reduzido (45-50 cm entre linhas). Nessa modalidade, alternam-se linhas de milho espaçadas por 45-50cm com linhas espaçadas por 90-100 cm. A linha de braquiária é alocada no centro na entre linha do milho com maior espaçamento (90-100 cm). Assim, o espaçamento médio entre as linhas de milho será de 67,5 cm ou 75 cm para semeadoras reguladas com 45 cm e 50 cm entre linhas, respectivamente. Os demais procedimentos são os mesmos descritos para a modalidade de uma linha intercalar.
- Implantação da braquiária na mesma linha do milho: indicada quando a semeadura do milho é realizada em espaçamento reduzido (45-50 cm), sendo o objetivo do consórcio tanto a produção de palha quanto a produção de forragem. Nessa modalidade, existem duas possibilidades. A primeira refere-se à utilização de uma caixa adicional exclusiva para sementes de braquiária, com dosador do tipo rotor acanalado fino. A saída das sementes de braquiária é posicionada juntamente com as sementes de milho, podendo ser na mesma profundidade, visando garantir o estabelecimento das duas espécies. A outra possibilidade envolve a mistura das sementes da braquiária ao adubo

utilizado na semeadura. Nesse caso, o adubo não pode ser distribuído em profundidades maiores que 5 cm, e o intervalo entre a mistura das sementes ao fertilizante e a semeadura não deve ultrapassar seis horas, para evitar perda de poder germinativo das sementes em função do efeito salino do fertilizante.

- **Implantação com distribuição das sementes de braquiária na superfície do solo:** pode ser utilizada para cultivo de milho em espaçamento normal ou reduzido, sendo indicada tanto para produção de palha quanto para produção de forragem. Nessa modalidade, uma das opções é a distribuição das sementes de braquiária a lanço antes da semeadura do milho. Outra possibilidade é distribuir as sementes da braquiária ao lado do disco de corte da semeadora, no momento da semeadura do milho, com a utilização de caixa adicional com dosador do tipo rotor acanalado adaptado à distribuição de sementes de forrageiras. Em ambas as opções, as sementes da braquiária são parcialmente incorporadas pela mobilização de solo produzida pelos mecanismos sulcadores da semeadora. Porém, como a maior parte das sementes da braquiária não são incorporadas ao solo, pode ocorrer falhas na emergência ou baixo crescimento inicial da forrageira, caso não chova logo após a semeadura.
- **Implantação com duas operações de semeadura:** trata-se de um método de implantação do consórcio mais apropriado para formação de pastagem em sistemas de integração lavoura-pecuária. Nessa modalidade, a implantação do consórcio é realizada por meio de uma operação de semeadura para cada espécie, as quais devem ser realizadas no menor intervalo de tempo possível, a fim de diminuir a possibilidade de ocorrência de chuva entre as duas operações de semeadura, e garantir a implantação das duas espécies. A semeadura da forrageira é realizada com semeadora de fluxo contínuo, equipada com dosadores de semente do tipo rotor acanalado, adaptado às sementes pequenas das forrageiras. O milho é semeado normalmente com a mesma semeadora utilizada para a soja. Ambas as operações de semeadura são realizadas no mesmo sentido, devendo-se ter o cuidado para não sobrepor as linhas da cultura. Esse método é outra opção que viabiliza o consórcio quando o milho é semeado em espaçamento reduzido (45-50 cm).
- **Semeadura defasada:** neste caso, a implantação da braquiária é realizada com defasagem de até 14 dias em relação à semeadura do milho. Constitui-se em alternativa para minimizar a competição da braquiária com o milho, podendo ser utilizada quando o cereal é semeado em espaçamento reduzido (45-50 cm). A semeadura da braquiária pode ser feita em a lanço em área

total, o que implica em necessidade de uso de uma maior densidade de semeadura e de chuva logo após a implantação. Outra opção é a semeadura da braquiária em linhas no centro das entrelinhas do milho, com incorporação da semente, por meio de equipamentos já disponíveis no mercado.

Para o controle químico de plantas daninhas na cultura do milho consorciado com forrageiras tropicais, o herbicida que apresenta seletividade para ambas as espécies é a atrazina. Esse herbicida pode ser aplicado em doses de até 1500 g i.a/ha (Ceccon et al., 2010) quando o milho estiver com quatro a seis folhas e a forrageira no início do perfilhamento.

Referências

ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N. de; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; COSTA, J. M. da; GAUDÊNCIO, C. de A. *Macrophomina phaseolina em soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 55 p. (Embrapa Soja. Documentos, 346).

CECCON, G.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Modalidades e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: CECCON, G. **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 27-46.

CECCON, G.; MATOSO, A. O.; NETO, A. L.; PALOMBO, L. Uso de herbicidas no consórcio de milho safrinha com *Brachiaria ruziziensis*. **Planta Daninha**, v. 28, p. 359-364, 2010.

CONCENÇO, G.; GRIGOLLI, J. F. J. Plantas daninhas em sistemas de produção de soja. In: LOURENÇO, L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. de C.; ROSCOE, R. (Ed.). **Tecnologia e produção soja 2013/2014**. Curitiba: Midiograf, 2014. p. 98-107.

COSTAMILAN, L. M.; SOARES, R. M.; BERTAGNOLLI, P. F. Podridão radicular de fitófaga (*Phytophthora sojae*). In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Ed.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Embrapa Soja: Londrina, 2010. p. 73-104.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 342).

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Desafios à caracterização de solo fértil em manejo e conservação do solo e da água. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. **Fertilidade em solo...** (re)emergindo sistêmica: resumos e palestras. Passo Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2006. 8 p. 1 CD-ROM.

DIANESE, A. C.; FARIAS NETO, A. L.; OLIVEIRA, P. R. P. M; ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. Podridão vermelha da raiz (*Fusarium spp.*). In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Ed.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura.** Embrapa Soja: Londrina, 2010. p. 29-47.

DIAS, W. P.; ASMUS, G. L.; SILVA, J. F. V; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. de S. Nematoides. In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Ed.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 173–206.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

GAUDÊNCIO, C. de A.; YORINORI, J. T.; GARCIA, A.; QUEIROZ, E. F. de. **Rotação de culturas com a soja no norte do Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 1986. 10 p. (Embrapa Soja. Pesquisa em Andamento, 10).

GÖRGEN, C. A.; HIKISHIMA, M.; SILVEIRA NETO, A. N.; CARNEIRO, L. C.; LOBO JUNIOR, M. Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Ed.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura.** Embrapa Soja: Londrina, 2010. p. 73-104.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2014. 76 p. (Embrapa Soja. Documentos, 256).

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.

Capítulo 6

Soja em sistema Integração Lavoura-Pecuária

Alvadi Antonio Balbinot Junior, Julio Cesar Franchini, Henrique Debiasi, Osmar Conte

Após a década de 1970, a agricultura passou por um processo de especialização das atividades rurais e intensificação do uso de recursos, com maior uso da mecanização. Esse processo foi importante para aumentar a produção mundial de alimentos e outros bens. No entanto, em muitas situações, a reduzida diversificação de culturas tem gerado problemas ligados à qualidade do solo e da água, à fitossanidade e ao aumento de riscos de insucesso econômico. Paralelamente, a agricultura moderna pressupõe a produção de alimentos, em elevadas quantidade e qualidade, energia, fibra e madeira com o mínimo distúrbio ambiental e alta eficiência na utilização de recursos, sobretudo os que apresentam reservas finitas no planeta, como fósforo, potássio e petróleo. Nesse contexto, uma alternativa é o uso de sistemas de produção diversificados, que ocupem eficientemente os recursos disponíveis, concomitantemente à melhoria da qualidade do solo e da água, racionalização do uso de insu-
mos e geração de maior renda por área. A associação entre lavouras e a pecuária é uma forma importante para atingir esses objetivos, contribuindo para a sustentabilidade dos empreendimentos rurais.

A Integração Lavoura-Pecuária (ILP) pode ser definida como um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de espécies para produção vegetal, sobretudo grãos, e pastagens anuais ou perenes, de forma concomitante ou não, de modo que haja sinergia entre as atividades (Balbinot Junior et al., 2009).

A otimização do uso da terra em função da ILP, em Sistema Plantio Direto (SPD), tem se mostrado uma opção viável para o aumento da rentabilidade e da sustentabilidade da produção de soja. Na última década, houve avanço significativo no conhecimento científico acerca desse sistema de produção, em várias regiões brasileiras. Nesse período, constatou-se que a ILP possui alto potencial em recuperar áreas de pastagens degradadas, aumentar a diversificação do sistema de produção, reduzir riscos de insucesso econômico, melhorar a qualidade do solo e da água, aumentar a produção de palha em SPD, aumentar a ciclagem de nutrientes, além de auxiliar na mitigação de emissões de gases de efeito estufa, principalmente dióxido de carbono. Da mesma forma, houve avanço expressivo na utilização da ILP por parte de grandes e pequenos produtores rurais, interessados em maximizar a produtividade e a rentabilidade das suas atividades, por meio da produção de carne e/ou leite combinada com a produção de grãos, principalmente soja e milho, produtos esses que apresentam grande consumo mundial e que vêm apresentando, nos últimos anos, sólidos fundamentos de mercado.

Caracterização das principais modalidades de ILP no Brasil

Em razão da diversidade de características edafoclimáticas, econômicas e sociais do Brasil, há várias formas de uso da ILP com a cultura da soja. No entanto, as três que apresentam maior representatividade serão abordadas a seguir.

Inserção da soja em integração com pastagens anuais de inverno em clima subtropical

Na região Sul do Brasil há várias culturas aptas ao cultivo na primavera e no verão, como a soja, o milho, o feijão-comum e o arroz irrigado, enquanto que, no outono e no inverno, há carência de alternativas eco-

nomicamente viáveis para uso do solo (Balbinot Junior et al., 2011). Nessa região há, aproximadamente, 9 milhões de hectares não utilizados para a produção de grãos no período de inverno (Conab, 2019). Parte dessa área é cultivada com culturas de cobertura do solo, principalmente aveia-preta, contribuindo para o adequado manejo do SPD, mas não conferindo renda a curto prazo. Outra parte é cultivada com pastagens anuais de inverno, visando à produção de carne e/ou leite entre os meses de abril e setembro. Atualmente, há carência de dados sobre a área cultivada com pastagens anuais de inverno, mas percebe-se incremento expressivo da atividade nos últimos anos. Por fim, parte dos 9 milhões de hectares é mantida em pousio, gerando sérios problemas com infestação de plantas daninhas, erosão do solo, baixa fixação de carbono, reduzida ciclagem de nutrientes e, consequentemente, resultando na degradação da qualidade do solo e na redução das produtividades obtidas. Assim, há grande potencial de aumento de áreas com pastagens anuais de inverno no Sul do Brasil, combinadas, especialmente, com lavouras de soja e milho.

Enfatiza-se que há várias espécies de pastagens anuais de inverno que apresentam adequados rendimento e qualidade e são adaptadas às condições edafoclimáticas do Sul do Brasil, como aveia-preta (*Avena strigosa*), aveia-branca (*Avena sativa*), centeio (*Secale cereale*), azevém (*Lolium multiflorum*) e ervilhacas (*Vicia sp.*) (Balbinot Junior et al., 2009). Nessa região, essas espécies fornecem alimento aos animais no período de maior escassez de forragem oriunda de campos naturais e de pastagens perenes melhoradas de verão (Barth Neto et al., 2014) (Figura 1).

Lavoura de verão			Pastagem de inverno						Lavoura de verão		
Soja			Aveia-preta						Soja		
Milho			Aveia-branca						Milho		
Arroz			Azevém						Arroz		
Feijão			Ervilhacas comum e peluda						Feijão		
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.

Figura 1. Esquema representando os meses destinados ao cultivo de lavoura de verão e pastagem de inverno na região Sul do Brasil.

Uma vantagem relevante do cultivo de pastagens anuais de inverno em relação ao cultivo de trigo é a possibilidade de implantação das culturas de verão, inclusive a soja, na época mais adequada ao crescimento e ao desenvolvimento dessas. Por outro lado, em regiões frias, com elevada altitude, o trigo geralmente é colhido na segunda quinzena de novembro, atrasando a semeadura das culturas de verão, principalmente a soja e o milho. Nesse caso, o cultivo do trigo não pode ser antecipado em função do risco de ocorrência de geadas na fase de florescimento, estresse que causa perdas expressivas na cultura. Esse fator tem estimulado o cultivo de pastagens anuais de inverno em detrimento do trigo.

Muitos agricultores que utilizam pastagens de inverno no sistema de produção arrendam as áreas para pecuaristas realizarem a recria ou a engorda de animais. Nesse caso, o agricultor continua focado na produção vegetal, não se especializando na produção de carne e/ou leite. Esse tipo de parceria vem aumentando de importância nos últimos anos e tem apresentado bons resultados, tanto para os agricultores quanto para os pecuaristas.

Quando o agricultor também é pecuarista e mantém animais na propriedade durante todo o ano, é indispensável o planejamento forrageiro para que haja adequada disponibilidade de alimento ao longo do ano, reduzindo a necessidade de venda de animais para ajuste da lotação e/ou o uso de forragem conservada ou alimentos concentrados, que apresentam custo elevado. Em geral, nesse caso, o produtor deve destinar de 25% a 35% da área total cultivada para pastagens perenes de verão, na qual os animais permanecem de outubro a março. Nessa área, no período de inverno pode ser feita a sobressemeadura com azevém e/ou aveia-preta para pastejo. Dessa forma, durante o outono e o inverno, 100% da área cultivada é utilizada com pastagens anuais.

Inserção da soja em integração com pastagens anuais no período seco, em clima tropical

Na porção central do Brasil, as áreas cultivadas no período das chuvas são ocupadas principalmente com a cultura da soja. Após a colheita dessa oleaginosa, em algumas regiões são cultivados milho, sorgo, algodão,

feijão-comum e feijão-caupi na segunda safra. Entretanto, em várias regiões, o período com adequada precipitação para culturas anuais não permite o cultivo dessas espécies em sucessão à soja. Nessas regiões, uma opção é o cultivo de espécies forrageiras, especialmente as do gênero *Urochloa* (braquiárias), notadamente *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*. Nessa modalidade de ILP, é comum o cultivo das pastagens entre duas safras de soja, ou seja, de março a setembro, propiciando período de pastejo de 100 a 150 dias (Figura 2).

Lavoura de verão			Pastagem de inverno						Lavoura de verão		
Soja			Braquiária-brizantha						Soja		
Arroz			Braquiária-ruziziensis						Arroz		
			Milheto								
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.

Figura 2. Esquema representando os meses destinados ao cultivo de lavoura e pastagem de estação seca em regiões tropicais do Brasil.

Em estabelecimentos rurais focados exclusivamente na agricultura, é comum o arrendamento das pastagens anuais de estação seca para pecuaristas, pois nessa época há baixa produção de forragem em pastagens perenes, em razão da baixa precipitação pluvial. Nessa circunstância, a ILP é uma estratégia importante para produção de pasto em altas quantidade e qualidade em momento de escassez forrageira. Ter alta disponibilidade de pasto novo, com adequados teores de proteína bruta e energia, em momentos de baixo suprimento de alimento se constitui em vantagem competitiva ao produtor. Em situação em que os animais são mantidos na propriedade durante todo o ano, geralmente é mantida uma área com pastagem perene, que corresponde de 25% a 35% da área total cultivada, na qual os animais permanecem no período chuvoso – geralmente entre os meses de outubro e março.

Observa-se com frequência que quando as braquiárias são semeadas no final do período chuvoso há pouca produção de pasto, comprometendo o suprimento de forragem nos meses mais secos do ano. Por isso, o estabelecimento das forrageiras antes da colheita da soja é uma alternativa

para assegurar adequada produção forrageira no período de menor disponibilidade hídrica. Uma prática que pode ser usada é o cultivo integrado entre a soja e as braquiárias, a fim de que haja o estabelecimento da forrageira antes da colheita da soja, sem provocar reduções na produtividade da oleaginosa. Uma alternativa é a semeadura a lanço de braquiária quando a soja está no final do período de enchimento de grãos. Essa operação pode ser feita com espalhador de giro via terrestre ou por avião agrícola. Todavia, quando há umidade insuficiente, geralmente não há adequado estabelecimento da forragem, já que as sementes apresentam pouco contato com o solo. Portanto, essa técnica é indicada quando há previsão de chuvas após a semeadura da forrageira. Outra possibilidade é a semeadura do capim quando a soja possui 3 a 4 trifólios, diminuindo a interferência da forrageira na soja, comparativamente à semeadura simultânea. Nesse caso, se o crescimento inicial da forrageira for muito acelerado pode-se optar em aplicar herbicidas graminicidas em subdoses para suprimir o seu crescimento.

Na região do Cerrado brasileiro, a soja tem sido cultivada em rotação com milho ou sorgo no verão, consorciados com algumas espécies forrageiras, normalmente com braquiárias, sistema conhecido como "Santa Fé". Esse sistema permite a obtenção de produtividades de milho ou sorgo-granífero similares às alcançadas em cultivo solteiro e, ao mesmo tempo, a produção de grande quantidade de forragem, já disponível aos animais no momento da colheita dos grãos e posteriormente no período seco do ano. Além de possibilitar adequada disponibilidade de forragem aos animais, esse sistema também pode melhorar a qualidade do solo, sobretudo em decorrência da estruturação promovida pelas raízes da pastagem, do aumento da matéria orgânica e da abundante cobertura do solo, um dos fundamentos do SPD. Na primavera, a cultura da soja pode ser inserida no sistema de produção por meio da semeadura sobre a pastagem dessecada, em SPD.

Inserção da soja em integração com pastagens perenes em clima tropical

No Brasil, grande parte das áreas de expansão da cultura da soja possui solos arenosos e está sujeita a altas temperaturas. Nessa circunstância, o cultivo contínuo de espécies agrícolas anuais promove redução acentuada nos teores de matéria orgânica e não proporciona adequada cobertura do solo, diminuindo a estabilidade de produção, em razão, principalmente, de veranicos associados com altas temperaturas do ar e solo.

Nesse ambiente de produção, uma modalidade de ILP que vem apresentando resultados satisfatórios é a utilização da área com pastagem perene por dois anos, geralmente formada com braquiária-brizanta (*Urochloa brizantha*) e, na sequência, dois anos com a cultura da soja. Nesse esquema, metade da área cultivada da propriedade é ocupada com soja no verão e a outra metade com pastagem perene (Figura 3). No período entre duas safras de soja, a área pode ser cultivada com pastagem, geralmente formadas com milheto ou espécies de braquiária. Durante o período de menor disponibilidade de água, calor e radiação, toda a área cultivada da propriedade é ocupada com pastagem, propiciando adequado equilíbrio de disponibilidade de forragem durante o ano. Nesse esquema, a soja sempre é cultivada após pastagem, seja conduzida por dois anos ou por seis meses. Ou seja, a cultura é semeada em uma condição adequada de solo e de palhada, já que a pastagem propicia vários benefícios ao solo, sobretudo os relacionados à estrutura e à ciclagem de nutrientes. Um cuidado importante é a antecipação da dessecação, obedecendo o intervalo de 20 a 30 dias entre essa prática e a semeadura da soja, permitindo melhores condições para a semeadura e para o crescimento inicial das plantas de soja.



Figura 3. Esquema representando quatro anos da sequência de lavoura de soja, pastagem anual de estação seca e pastagem perene em regiões tropicais do Brasil.

Para aumentar a probabilidade de sucesso econômico na conversão de pastagens degradadas para sistemas de ILP em SPD envolvendo a cultura da soja, sobretudo em regiões de solos arenosos e clima quente, uma excelente opção é a utilização do Sistema São Mateus, tecnologia desenvolvida pela Embrapa (Salton et al., 2013). Em resumo e conforme esquematizado na Figura 4, o Sistema São Mateus consiste na semeadura de uma espécie forrageira (*braquiária-brizantha* cv "Marandu", "Xaraes" ou "Piatã") no início do período chuvoso, logo após a adequação química e do sistema de conservação do solo da área (limpeza, terraceamento, correção de deficiências químicas com a aplicação de calcário, gesso e adubos, incorporados na camada 20 cm a 30 cm). Em seguida, esta pastagem é utilizada para a produção de carne ou leite por um período de 6 a 9 meses, sendo então dessecada quimicamente para sementeira da soja, que representa o início efetivo do sistema ILP manejado em SPD. A opção pelo cultivo de forrageiras perenes após a conversão da pastagem degradada permite a adequação física e biológica do solo,

bem como proporciona adequada cobertura. Dessa forma, a implantação da soja já na primeira safra ocorre em um ambiente solo mais favorável, o que reduz o risco de insucesso econômico. Mais detalhes a respeito da implantação e condução do Sistema São Mateus podem ser encontradas em Salton et al. (2013).

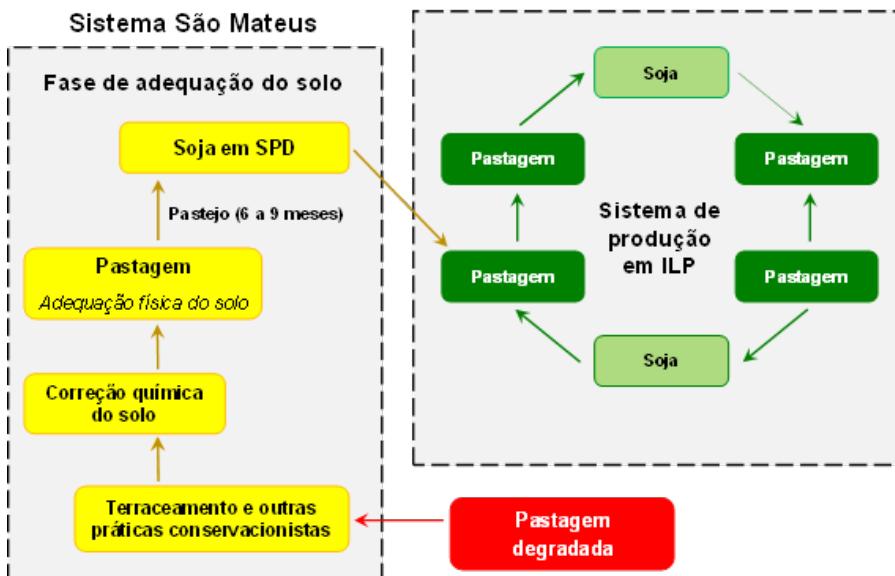


Figura 4. Esquema simplificado das principais etapas para implantação do Sistema São Mateus.

Fonte: adaptado de Salton et al. (2013).

Prevenção da compactação do solo imposta pelo pisoteio

Uma preocupação dos agricultores que usam a ILP é a possibilidade de ocorrer compactação superficial do solo manejado sob SPD, em decorrência do pisoteio imposto pelos animais. A compactação altera a estrutura do solo, aumentando a resistência mecânica ao crescimento de raízes e reduzindo a porosidade total, a macroporosidade, a taxa de infiltração da água, a disponibilidade de água e de nutrientes e a difusão de gases no perfil do solo, podendo reduzir significativamente a produtividade da soja semeada em sucessão (Debiasi; Franchini, 2012).

O uso continuado e inadequado da ILP pode provocar a compactação do solo, geralmente restrita na camada superficial, 0 cm a 12 cm, mas, na maioria das vezes, não atingindo valores críticos que possam limitar a produtividade de culturas anuais subsequentes, como a soja (Conte et al., 2011). Além disso, como a compactação é superficial, o próprio mecanismo de sulcadores das semeadoras ajuda a corrigir o problema. Por outro lado, em solos com textura arenosa ou com teores de matéria orgânica superiores a 4% na camada de 0 cm a 20 cm, e em situações que o sistema ILP é conduzido de forma apropriada, geralmente não há aumentos significativos em variáveis que expressam a compactação do solo, mesmo na camada de 0 cm a 12 cm. É importante salientar que a ação de bovinos sobre o grau de compactação do solo depende de uma série de fatores, tais como lotação de animais, sistema de pastejo, características de solo e condições climáticas. Nesse sentido, os efeitos da presença de animais nas propriedades físicas do solo devem ser observados e analisados para cada situação de ambiente e manejo.

A oferta adequada de forragem se constitui no principal fundamento para prevenir a compactação superficial do solo pelo pisoteio. No Brasil, é muito comum o manejo inapropriado da pastagem, com superlotação e baixa oferta de forragem. Nessa situação, os animais necessitam aumentar o deslocamento para captura de forragem, há menor descompactação natural promovida pelo crescimento de raízes e reduzida atenuação do impacto das patas sobre o solo, pela redução da fitomassa da pastagem sobre a superfície desse, aumentando a compactação superficial. Além disso, pastagens com excesso de lotação apresentam baixo índice de área foliar e, consequentemente, aumento dos problemas com erosão e com plantas daninhas.

A manutenção de alturas de plantas recomendadas para cada espécie, independentemente de ser utilizado o sistema de pastejo rotacionado ou contínuo, é importante para se obter altos rendimento e qualidade forrageira e, ao mesmo tempo, melhorar a qualidade do solo e reduzir a compactação imposta pelo pisoteio, melhorando o rendimento do sistema ILP como um todo (Figura 5). No caso de pastagem de aveia-preta +

azevém, largamente utilizada no Sul do Brasil, considerando a produção forrageira, a produtividade animal por indivíduo e por área, bem como o desempenho produtivo de culturas de verão semeadas em sucessão, pode-se afirmar que, em pastejo contínuo, a altura adequada da pastagem é de 15 cm a 20 cm. Se o sistema for o rotativo, a entrada dos animais deve ocorrer quando a pastagem possuir aproximadamente 30 cm de altura e a saída quando a fitomassa remanescente estiver próximo de 12 cm de altura, a fim de permitir elevada capacidade de rebrote. No caso de pastagens de braquiária-brizanha, muito utilizadas em clima tropical, a altura média adequada de manutenção é de 30 cm. No entanto, é necessário que o produtor verifique atentamente a altura de plantas indicada para cada espécie e cultivar forrageira, a fim de ajustar a lotação de acordo com cada situação. Assim, fica claro a grande importância do planejamento forrageiro na condução adequada do sistema ILP.

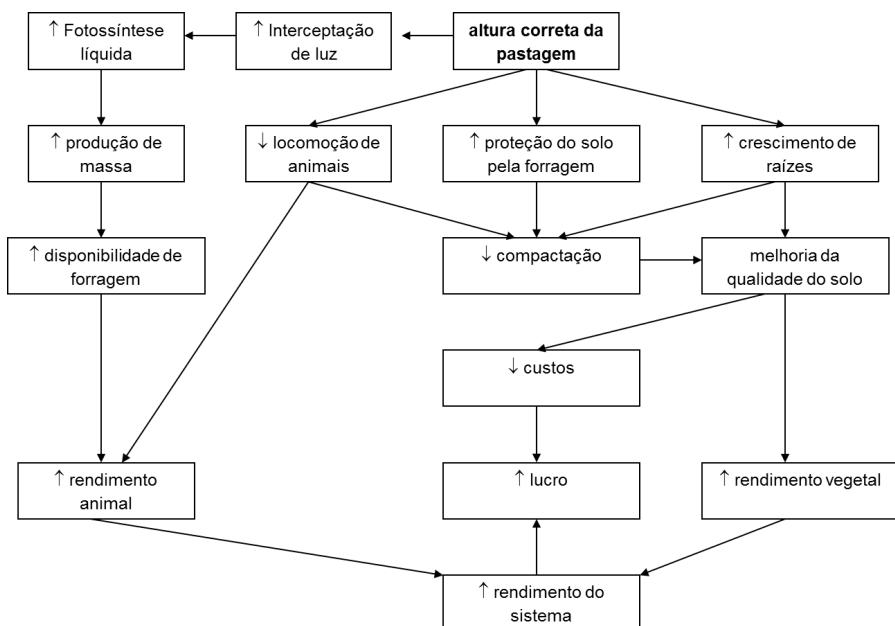


Figura 5. Esquema simplificado de interações entre altura correta da pastagem e fatores que afetam o sistema ILP.

Fonte: adaptado de Balbinot Junior et al. (2009).

Outras práticas podem ser utilizadas com sucesso para reduzir a compactação decorrente do pisoteio no sistema ILP, tais como: plantio direto da pastagem; uso de quantidade adequada de sementes forrageiras; retirada dos animais da área 20 dias a 30 dias antes da dessecação da pastagem; e retirada dos animais da área conduzida sob sistema ILP em períodos em que o solo possui umidade próxima ou acima da capacidade de campo (sequência de dias chuvosos), colocando-os em áreas de pastagens perenes. Nesse contexto, com o adequado manejo da pastagem, seja anual ou perene, a ação mecânica do pisoteio não ocasiona, necessariamente, compactação adicional. Quando ocorre, essa fica confinada nos 12 cm superficiais do solo, o que não inviabiliza o estabelecimento de culturas para produção vegetal em sucessão às pastagens em SPD.

Planejamento do sistema ILP

Para que haja viabilidade econômica da ILP, é necessário que todas as atividades concernentes ao sistema de produção sejam implementadas de forma adequada, seguindo as indicações técnicas. Nesse caso, o planejamento das atividades é fundamental, considerando a maior complexidade de manejo em relação a sistemas de produção exclusivos de pecuária ou agricultura. A implantação do sistema ILP, tanto para agricultores quanto para pecuaristas, envolve investimentos significativos, como a compra de máquinas, adequação de áreas, montagem de cercas e compra de animais. Enfatiza-se que o planejamento da ILP deve ser realizado considerando as peculiaridades regionais e das propriedades rurais. Por isso, é fundamental que o produtor consulte um técnico com capacitação em sistemas integrados para os adequados instalação e manejo do sistema.

Referências

- BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural*, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; VEIGA, M.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; MAFRA, A. L.; PICOLLA, C. D. Winter pasture and cover crops and their effects on soil and summer grain crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 1357-1363, 2011.

BARTH NETO, A.; SAVIAN, J. V.; SCHONS, R. M. T.; BONNET, O. J. F.; CANTO, M. W.; MORAES, A.; LEMAIRE, G.; CARVALHO, P. C. F. Italian ryegrass establishment by self-seeding in integrated crop-livestock systems: effects of grazing management and crop rotation strategies. **European Journal of Agronomy**, v. 53, n. 1, p. 67-73, 2014.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 6, safra 2018/19, n. 12, décimo segundo levantamento, set. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/28484_9a9ee12328baa359b-3708d64e774e5d8>. Acesso em: 19 set. 2019.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. Evolução de atributos físicos de solo em sistema integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1301-1309, 2011.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. de. **Sistema São Mateus** – Sistema de Integração Lavoura-Pecuária para a região do Bolsão Sul-MatoGrossense. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 186).

Capítulo 7

Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja

*Adilson de Oliveira Junior, Cesar de Castro,
Fábio Alvares de Oliveira, Dirceu Klepker*

Introdução

Nos últimos anos o rendimento da soja no Brasil tem crescido, não só em função do maior potencial produtivo das cultivares, como também da melhoria do ambiente produtivo, com destaque para o manejo do solo. Este aumento dos patamares de produtividade, que pode atingir o dobro da produtividade média brasileira atual, exige, além de maior quantidade de fertilizantes, a adubação mais equilibrada e que considere não só as quantidades dos nutrientes, mas também as suas relações. Assim, faz-se necessário melhorar as avaliações técnicas para possibilitar o manejo adequado da adubação, com racionalização do uso de fertilizantes e consequente maior resposta para aumentos de produtividade das culturas nos sistemas de produção.

Contudo, apesar dos avanços tecnológicos têm ocorrido problemas, não em função das novas e eficientes tecnologias, mas sim, devido aos desbalanceamentos nutricionais ocasionados pelo uso incorreto dos atuais conceitos de manejo da fertilidade e pelo uso ineficiente das análises de solo, e do pouco emprego da análise de tecido.

Outra questão importante é que os fertilizantes tem um peso significativo nos custos de produção, com grande impactos na rentabilidade da cultura. Assim, ter como estratégia de aumento de produtividade, além da escolhas de cultivares mais adaptadas a cada região, o conhecimento da fertilidade do solo, e a aplicação das quantidades adequadas de nutrientes é um grande passo para o sucesso econômico da atividade agrícola e da sustentabilidade ambiental.

Para tanto, a coleta criteriosa de amostras de solo, independente do aparecimento de sintomas nas culturas que compõem os sistemas de produção, análise e interpretação dos resultados é um dos primeiros passos para possível correção de problemas de fertilidade do solo. A análise foliar, apresenta-se como uma possibilidade complementar às interpretações das análises de solo e capaz de identificar os nutrientes que estariam comprometendo a maior produtividade da soja.

Por fim, o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de manejo do solo, que considerem os fatores primordiais como reciclagem e balanço de nutrientes e a preservação de água no solo, estabelecendo estratégias integradas que mantenham ou melhorem a fertilidade do sistema de produção empregado deveria ser a base para o aumento da produtividade e sustentabilidade dos sistemas de produção com soja.

Amostragem do solo

A amostragem do solo é a primeira e a principal etapa de um programa de avaliação da fertilidade do solo e do manejo da adubação, pois é com base nos resultados da análise química da amostra de solo que será realizada a sua interpretação e definidas as possíveis doses de corretivos e de fertilizantes a serem aplicadas.

A amostragem do solo, para fins de indicação de fertilizantes deve ser realizada na maior janela disponível dentro dos diversos sistemas de produção. Normalmente, isso ocorre durante os meses de agosto e setembro no sistema soja/milho safrinha e nos meses de março/abril no sistema soja/trigo nas regiões mais frias do País. Caso haja necessidade de calagem, a retirada da amostra e a análise devem ser realizadas em

tempo hábil que possibilite a aplicação do calcário pelo menos três meses antes da semeadura da cultura de verão.

As amostras devem ser coletadas em áreas homogêneas quanto às características de solo, relevo e histórico de adubação e de utilização. Para maior representatividade, devem ser coletadas de 10 a 20 amostras simples, em pontos distribuídos aleatoriamente em cada área. O conjunto de amostras simples deve ser homogeneizado e a seguir, retirada uma fração que irá constituir uma amostra composta de aproximadamente 500 g.

No caso da amostragem para obtenção dos mapas de variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, especial atenção deve ser dada ao plano de amostragem de forma que os critérios geoestatísticos sejam plenamente atendidos.

Na retirada das amostras do solo, o interesse principal é pela camada superficial do solo que, normalmente, é a mais intensamente alterada pelo manejo do solo, pelas aplicações de corretivos e fertilizantes e restos culturais, e a mais intensamente explorada pelas raízes. A amostragem deverá, portanto, contemplar essa camada, ou seja, os primeiros 20 cm de profundidade.

No sistema plantio direto (SPD), em especial em áreas com histórico de aplicação de fertilizantes e corretivos, indica-se que, sempre que possível, a amostragem seja realizada em duas camadas (0 cm a 10 cm e 10 cm a 20 cm), com o objetivo principal de avaliar o gradiente de disponibilidade de nutrientes e a variação da acidez nas duas camadas.

Para a análise da acidez subsuperficial e da disponibilidade de enxofre, deve-se coletar as amostras na profundidade de 20 cm a 40 cm.

Correção do solo

Os nutrientes têm sua disponibilidade determinada por vários fatores, entre eles o valor do pH (medida da atividade de íons hidrogênio na solução do solo).

A Figura 1 representa a variação nas concentrações de nutrientes e de alumínio, em formas disponíveis às plantas, em função do pH do solo. A disponibilidade varia como consequência do aumento ou da diminuição da solubilidade dos diversos compostos presentes no solo e da capacidade de troca de cátions (CTC), em razão da predominância de cargas dependentes de pH nos solos tropicais. De modo geral o intervalo de pH (H_2O) que possibilita o melhor aproveitamento do conjunto dos nutrientes do solo e, também, a insolubilização do alumínio tóxico, varia de 6,0 a 6,8.

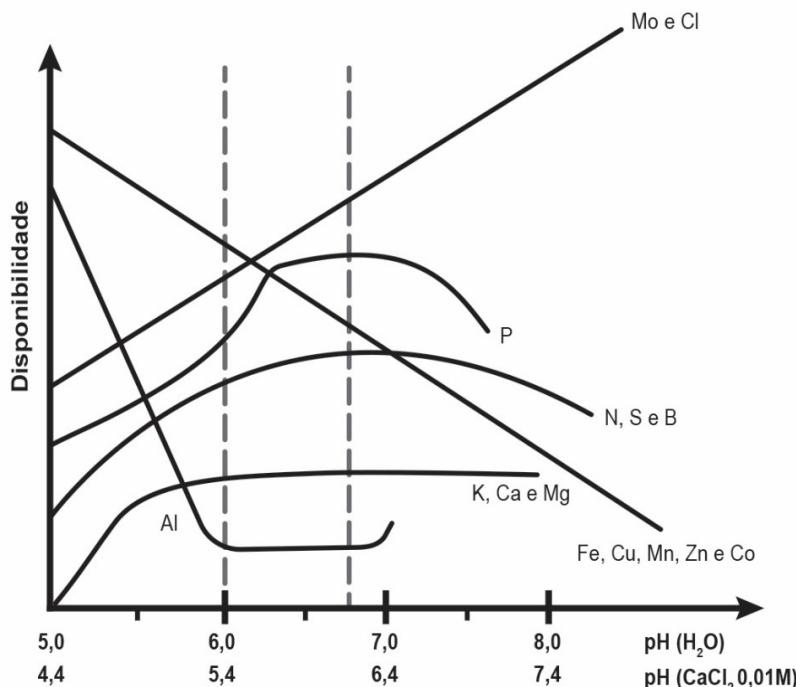


Figura 1. Relação entre o pH e a disponibilidade de nutrientes e de alumínio no solo.
Fonte: adaptado de Malavolta (1980).

Calagem

A calagem é realizada a partir da interpretação dos resultados da análise química do solo. Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros para a interpretação da análise de solo.

A recomendação de calcário depende do poder tampão do solo e do sistema de produção adotado. Além disso, o efeito da calagem também depende da qualidade do calcário (PRNT) e das quantidades aplicadas no solo, da forma de aplicação, entre outros. Estes fatores interferem no efeito residual da calagem e, portanto, a análise química de solo deverá ser realizada periodicamente para a tomada de decisão quanto a necessidade de reaplicação do corretivo.

Tabela 1. Atributos químicos do solo (0 a 20 cm) como referência para interpretação da análise química do solo, para a cultura da soja.

Níveis	C	M.O.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Saturação na CTC				Relações		
					V	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
	g/dm ³		cmol _c /dm ³			%					
Solos com CTC < 5 cmol _c /dm ³											
Baixo	<8	<15	<1,0	<0,5	<35	<22	<10	<2,5	<2,0	<8	<4
Médio	8-14	15-25	1,0-1,8	0,5-0,9	35-55	22-40	10-16	2,5-3,0	2,0-3,0	8-16	4-8
Alto	>14	>25	>1,8	>0,9	>55	>40	>16	>3,0	>3,0	>16	>8
Solos com CTC ≥ 5 cmol _c /dm ³											
Baixo	<12	<20	<1,9	<0,9	<55	<35	<12	<2,5	<2,0	<10	<4
Médio	12-24	20-40	1,9-6,5	0,9-2,5	55-70	35-50	12-22	2,5-4,0	2,0-3,2	10-20	4-10
Alto	>24	>40	>6,5	>2,5	>70	>50	>22	>4,0	>3,2	>20	>10

Calagem no sistema convencional

O cálculo da quantidade de calcário é referente à correção da acidez na camada 0 cm-20 cm de profundidade, por meio da incorporação do corretivo, e pode ser feito segundo os métodos abaixo:

- Neutralização do Al³⁺ e Fornecimento de Ca²⁺ e Mg²⁺ (Alvarez V; Ribeiro, 1999).

Este método é, particularmente, adequado para solos sob vegetação de Cerrados e, em especial, aqueles de baixa CTC nos quais ambos os efeitos são importantes.

No cálculo da necessidade de calagem (NC), são consideradas tanto as características relacionadas ao poder tampão do solo (Y) quanto as exigências da cultura, como a saturação por Al³⁺ tolerada (m_t) e a necessidade mínima de Ca²⁺ + Mg²⁺

A expressão para cálculo da NC, em t/ha, é:

$$NC = Y \times [Al^{3+} - (m_t \times \frac{CTCe}{100})] + [2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

onde:

Y = capacidade tampão de acidez do solo

Al^{3+} = alumínio trocável ($cmol_c/dm^3$)

m_t = saturação por alumínio tolerada pela cultura e/ou sistema de produção;

$CTCe$ = capacidade de troca de cátions efetiva do solo, em $cmol_c/dm^3$

Ca^{2+} = cálcio trocável ($cmol_c/dm^3$)

Mg^{2+} = magnésio trocável ($cmol_c/dm^3$)

O valor de Y pode ser calculado em função do teor de argila ou do fósforo remanescente (P-rem), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Valores para cálculo da capacidade tampão de acidez do solo (Y), estimados a partir do teor de argila e do teor de fósforo remanescente (P-rem).

Argila %	$Y^{(1)}$	P-rem		$Y^{(2)}$
		mg/L		
10	0,66	4		3,52
15	0,95	8		3,07
20	1,23	12		2,66
25	1,50	16		2,28
30	1,76	20		1,94
35	2,00	24		1,62
40	2,23	28		1,34
45	2,45	32		1,09
50	2,65	36		0,86
55	2,85	40		0,66
60	3,02	44		0,49
65	3,19	48		0,33
70	3,34	52		0,20
75	3,48	56		0,09
80	3,61	60		0,00

$$\text{Equações: } Y^{(1)} = 0,0302 + 0,06532 \times \text{Arg} - 0,000257 \times \text{Argila}^2$$

$$Y^{(2)} = 4,002 - 0,125901 \times \text{P-rem} + 0,001205 \times \text{P-rem}^2 - 0,00000362 \times \text{P-rem}^3$$

- Saturação por bases do solo

Este método consiste na elevação da saturação por bases trocáveis e se fundamenta na correlação positiva existente entre o valor de pH e a saturação por bases.

O cálculo da necessidade de calagem (NC) é feito por meio da fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{(V_2 - V_1) \times T}{PRNT}$$

onde:

V_2 = valor da saturação por bases esperada (%);

V_1 = valor da saturação por bases do solo antes da correção (%);

[$V_1 = (SB/T) \times 100$], sendo, SB = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$ ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$);

T = Capacidade de Troca de Cátions ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$);

T = SB + H + Al ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$);

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total do corretivo (%).

Em função das características químicas e físicas dos solos predominantes no País, tem-se uma variação no valor adequado de saturação por bases (V_2), que determinará o maior rendimento econômico. Nas áreas tradicionais de cultivo de soja no estado do Paraná e para o estado de São Paulo utiliza-se V_2 igual a 70% e para o estado de Mato Grosso do Sul, o V_2 é de 60%. Nos demais estados da região central do Brasil, com predominância de solos formados sob vegetação de Cerrados e ricos em óxidos de Fe e de Al (Sousa; Lobato, 2004), o valor que satisfaz a maioria das culturas de sequeiro é de 50%.

Calagem no sistema plantio direto (SPD)

Antes de iniciar o SPD, é fundamental corrigir a acidez do solo na camada 0 cm–20 cm, com incorporação do calcário. Em função dos processos de acidificação do solo, é necessário realizar o monitoramento periódico da acidez do solo.

Para solos com histórico de aplicação de calcário em superfície, a amostragem do solo deve ser realizada de 0 cm–10 cm e de 10 cm–20 cm

de profundidade. O cálculo da NC deve ser feito com os valores médios das duas profundidades. Recomenda-se utilizar as mesmas fórmulas de cálculo do item anterior.

A dose recomendada de calcário pode ser aplicada de forma parcelada ou total, dependendo das quantidades, do custo e da logística da região.

Qualidade e uso do calcário

Para que a calagem atinja os objetivos de neutralização do alumínio trocável e/ou de elevação dos teores de cálcio e magnésio, algumas condições básicas devem ser observadas:

- o calcário deverá passar 100% em peneira com malha de 2 mm;
- o calcário deverá apresentar teores de CaO + MgO > 38%;
- a escolha do calcário deve levar em consideração os teores trocáveis de cálcio e magnésio e também a relação Ca/Mg do solo (Tabela 1), devendo-se dar preferência ao calcário com pelo menos 12% de MgO, em solos que contenham teores baixos ou médios de Mg²⁺, ou ainda, quando a relação Ca/Mg é elevada.
- a distribuição desuniforme pode aumentar a variabilidade espacial dos atributos relacionados à acidez do solo e causar ou agravar desequilíbrios nutricionais.

Gessagem

Os solos podem apresentar problemas de acidez subsuperficial, uma vez que, o efeito da calagem predomina na camada superficial. Assim, camadas mais profundas do solo (abaixo de 20 cm) podem apresentar toxidez por alumínio trocável (Al³⁺), mesmo em solos adequadamente corrigidos até 20 cm. Esse problema pode limitar a produtividade, principalmente nas regiões onde é mais frequente a ocorrência de veranicos ou em cultivos de 2^a safra.

Em função da maior mobilidade no perfil do solo, o gesso (CaSO₄.2H₂O) diminui a toxidez por Al³⁺ e aumenta os teores de Ca²⁺ e de enxofre em subsuperfície, resultando em um ambiente menos limitante para o desenvolvimento das raízes das plantas.

O gesso deve ser recomendado em áreas onde a análise de solo, na camada de 20 cm a 40 cm, indicar uma saturação de alumínio maior que 20% ou quando o teor de Ca^{2+} for inferior a $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$.

A necessidade de gesso (NG) pode ser calculada em função do teor de argila no solo, conforme a equação abaixo (Sousa; Lobato, 2004):

$$\text{NG (kg/ha)} = 50 \times \text{Teor de Argila (\%)}$$

Ou, mais especificamente para a Região Sul, em função da saturação por cálcio na CTC efetiva (CTCe), quando esta estiver com menos de 50% ocupada por cálcio. Assim, o método se baseia em elevar a saturação por Ca na CTCE do subsolo (20 cm–40 cm) a 60% (Caires; Guimarães, 2018).

$$\text{NG (t/ha)} = (0,6 \times \text{CTCe} - \text{Ca}^{2+}) \times 6,4$$

onde:

- CTCE = CTC efetiva (SB + AI)
- Ca^{2+} = Ca^{2+} trocável em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$
- 0,6 = ocupação de 60% de Ca na CTCE
- 6,4 = Constante gerada pelo ajuste estatístico

Indicações regionalizadas para correção da acidez do solo

Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Reunião..., 2016)

A obtenção de amostras representativas das condições químicas do solo a ser cultivado é a etapa inicial do sistema de recomendação de adubação e calagem. A profundidade de amostragem varia com o sistema de preparo do solo, como consta na Tabela 3.

Tabela 3. Camadas e amostradores sugeridos para a amostragem de solo em diferentes condições de cultivo de soja.

Sistema de cultivo/ Condição	Camada de solo (cm)	Amostrador
Com revolvimento do solo ou implantação do sistema plantio direto	0 - 20	Todos
Sistema plantio direto consolidado	0 - 10 e 10 - 20 ⁽¹⁾	Pá de corte ou trado calador posicionados no sentido transversal às linhas de adubação ⁽²⁾

⁽¹⁾ A amostragem separando as camadas de 0 cm a 10 cm e de 10 cm a 20 cm é necessária para o monitoramento da acidez e a recomendação da calagem, conforme sugerido na Tabela 4. Em solo com incorporação de calcário e fertilizantes fosfatados e potássicos, antes da implantação do sistema plantio direto, não é necessário amostrar a camada de 10 cm–20 cm.

⁽²⁾ Procedimento alternativo ao da pá de corte.

Fonte: Manual... (2016).

De forma geral, o pH em água adequado para a cultura da soja situa-se entre 5,5 e 6,0. A quantidade de corretivo da acidez e a forma de aplicação variam com o sistema de manejo do solo e outros critérios que constam na Tabela 4.

Tabela 4. Critérios sugeridos para a aplicação de calcário em diferentes condições de cultivo de soja.

Sistema de cultivo/ Condição	Amostragem do solo (cm)	pH de referência	Tomada de decisão	Quantidade de calcário	Modo de aplicação
SPD	Convencional	0 a 20	6,0	pH _{água} < 5,5 ⁽¹⁾	1 SMP para pH _{água} 6,0
	Implantação do sistema	0 a 20		pH _{água} < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0
	Sistema consolidado, sem restrições na camada de 10 cm a 20 cm	0 a 10 ⁽⁴⁾		pH _{água} < 5,5 ⁽¹⁾	¼ SMP para pH _{água} 6,0
	Sistema consolidado, com restrições ⁽³⁾ na camada de 10 cm a 20 cm	10 a 20 ^{(4), (6)}		pH _{água} < 5,5 e Al ≥ 30%	1 SMP para pH _{água} 6,0 ⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Não aplicar quando V ≥ 65% e saturação por Al na CTC_e < 10%.

⁽²⁾ Quando a disponibilidade de P e de K for menor do que o nível crítico recomenda-se fazer a adubação de correção com incorporação de fertilizantes aproveitando a mobilização do solo pela calagem.

⁽³⁾ Considerar para a decisão de incorporar o calcário, a produtividade das culturas abaixo da média local, especialmente em anos de estiagem; compactação do solo restringindo crescimento radicular em profundidade; e disponibilidade de fósforo na camada de 10 cm a 20 cm abaixo do teor crítico.

⁽⁴⁾ Amostrar separadamente as camadas de 0 cm a 10 cm e de 10 cm a 20 cm.

⁽⁵⁾ Quantidade aplicada em superfície limitada a 5 t/ha (PRNT 100%).

⁽⁶⁾ Tomada de decisão independe da condição do solo da camada 0 cm a 10 cm.

⁽⁷⁾ Usar valor de SMP médio das duas camadas (0 cm a 10 cm e 10 cm a 20 cm), para definir a dose de calcário a ser incorporado.

Fonte: Manual... (2016).

Cálculo da quantidade de corretivo a aplicar

A quantidade de corretivo indicada para a elevação do pH em água do solo a 5,5 ou 6,0 é determinada com base no valor do índice SMP do solo (Tabela 5). Essas doses foram estabelecidas para a camada de 0 cm–20 cm e para calcários com valor de PRNT de 100%. Elas devem ser ajustadas de acordo com a camada de solo a ser corrigida e com o valor do PRNT do corretivo.

Tabela 5. Quantidade de calcário necessária para elevar o pH_{água} do solo a 5,5 ou 6,0.

Índice SMP	pH _{água} desejado		Índice SMP	pH _{água} desejado	
	5,5	6,0		5,5	6,0
	t/ha ⁽¹⁾			t/ha ⁽¹⁾	
≤4,4	15,0	21,0	5,8	2,3	4,2
4,5	12,5	17,3	5,9	2,0	3,7
4,6	10,9	15,1	6,0	1,6	3,2
4,7	9,6	13,3	6,1	1,3	2,7
4,8	8,5	11,9	6,2	1,0	2,2
4,9	7,7	10,7	6,3	0,8	1,8
5,0	6,6	9,9	6,4	0,6	1,4
5,1	6,0	9,1	6,5	0,4	1,1
5,2	5,3	8,3	6,6	0,2	0,8
5,3	4,8	7,5	6,7	0,0	0,5
5,4	4,2	6,8	6,8	0,0	0,3
5,5	3,7	6,1	6,9	0,0	0,2
5,6	3,2	5,4	7,0	0,0	0,0
5,7	2,8	4,8	-	-	-

⁽¹⁾ Quantidade de corretivo de acidez com PRNT 100%, para a camada de 0 cm–20 cm.

Fonte: Manual... (2016).

Em alguns solos, principalmente os de textura arenosa e baixo poder tampão, o índice SMP pode indicar quantidades muito pequenas de corretivo ou mesmo não indicar a correção da acidez, embora o valor do pH em água possa ser menor que o mínimo preconizado para a cultura. Nesses solos, a necessidade de calagem é calculada com base nos

teores de matéria orgânica (MO) e de alumínio trocável (Al^{3+}) do solo, empregando-se as seguintes equações para o solo atingir o pH em água desejado:

- para pH 5,5: $\text{NC} = -0,653 + 0,480 \text{ MO} + 1,937 \text{ Al}^{3+}$;
- para pH 6,0: $\text{NC} = -0,516 + 0,805 \text{ MO} + 2,435 \text{ Al}^{3+}$;
- em que, NC: é expressa em t/ha; MO em % e Al^{3+} em $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$.

Calagem em áreas sob sistema convencional

Em áreas sob sistema convencional de preparo do solo, preconiza-se a calagem quando o valor do $\text{pH}_{\text{água}}$ for menor que 5,5, desde que o valor da saturação por bases (V) seja menor que 65% e o valor da saturação por Al na CTCe seja maior que 10 (Tabela 4). A dose de calcário a ser aplicada é obtida da Tabela 5, correspondendo à quantidade necessária para elevar o valor do $\text{pH}_{\text{água}}$ a 6,0. O corretivo deve ser incorporado uniformemente na camada de 0 cm–20 cm.

Calagem em áreas sob sistema plantio direto

Antes da implantação do sistema plantio direto, em solos ácidos e manejados sob preparo convencional ou sob campo natural, preconiza-se corrigir a acidez da camada arável (0 cm–20 cm), conforme descrito no item anterior e, mediante a incorporação de calcário, com base nos critérios e doses que constam nas Tabelas 4 e 5.

Em solo sob sistema plantio direto consolidado, preconiza-se a calagem superficial quando o valor do $\text{pH}_{\text{água}}$ da camada de 0 cm–10 cm for menor que 5,5, o valor V for menor que 65% e a saturação por Al for maior que 10% (Tabela 4). A dose de calcário a ser aplicada é obtida da Tabela 5, correspondendo a um quarto da dose necessária para elevar o pH do solo até 6,0. Essa sugestão considera que houve a correção da acidez da camada mais profunda que 10 cm, quando do estabelecimento do sistema plantio direto e que a reacidificação de solos manejados sem revolvimento ocorre a partir da superfície.

Em solos com acidez e com saturação por Al $\geq 30\%$, na camada de 10 cm a 20 cm, pode ser necessário reiniciar o sistema plantio direto.

Isso é mais importante em áreas em que a produtividade das culturas é menor que a média local, especialmente em anos de estiagem, com compactação do solo, restringindo o crescimento radicular e com baixa disponibilidade de P. Nessa condição, sugere-se a amostragem de solo nas camadas 0 cm–10 cm e 10 cm–20 cm. Se a decisão for por reiniciar o sistema plantio direto, preconiza-se incorporar o calcário ao solo, por aração e gradagem, aplicando a dose para pH 6,0, conforme indicado na Tabela do índice SMP (Tabela 5) e utilizando o valor médio desse índice calculado com o resultado das amostras nas duas profundidades. Deve-se ter cautela em decidir reiniciar o sistema plantio direto, dentre outros motivos, para evitar que ocorra erosão.

Em solo sob sistema plantio direto consolidado, com calagem recente e quando a análise de solo indicar que um dos critérios de decisão de calagem (Tabela 4) não foi atingido, a aplicação de corretivo não necessariamente aumentará o rendimento da soja. Isso decorre do fato do método SMP não detectar o corretivo que ainda não reagiu no solo. Em geral, são necessários três anos para que ocorra dissolução completa do corretivo. Observando-se esses aspectos, evita-se a supercalagem.

Exigências minerais e avaliação do estado nutricional

Exigências minerais

A absorção de nutrientes é determinada por fatores genéticos, edáficos e ambientais relacionados à produção de Matéria Seca Total (MST) e a concentração de nutrientes na planta. Na Tabela 6 são apresentadas as quantidades médias de nutrientes acumuladas pela parte aérea das plantas de cinco cultivares de soja, com grupo de maturidade relativa variando de 5,8 a 6,3 e produtividade média de 3,4 t/ha de grãos e 8,9 t/ha de MST.

A absorção de nutrientes geralmente é proporcional ao acúmulo de MST. Contudo, por causa da variação no Índice de Colheita Aparente (ICA = matéria seca de grãos/matéria seca total) das cultivares e do efeito de diluição/concentração dos nutrientes, maiores quantidades de nutrientes absorvidas não resultam, necessariamente, em aumentos na

produtividade de grãos. Já as quantidades exportadas (Tabela 6) são diretamente proporcionais à produtividade e à concentração dos nutrientes nos grãos.

Portanto, a reposição dos nutrientes exportados também é um critério essencial para a recomendação de adubação da soja e a manutenção da disponibilidade dos nutrientes do solo em níveis adequados.

Tabela 6. Quantidade de nutrientes **ACUMULADA** e **EXPORTADA** pela cultura da soja⁽¹⁾.

Partes da planta	Nutrientes										
	N	P ⁽⁴⁾	K ⁽⁴⁾	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg/ha						g/ha				
Grãos ⁽²⁾	187	16,6	61	10	9	9,5	106	39	223	135	142
Restos Culturais	83	6,8	104	66	28	4,9	177	29	1062	545	116
Total ⁽³⁾	270	23,4	165	76	37	14,4	283	68	1285	680	258
% Exportada	69	71	37	13	24	66	38	58	17	20	55
kg/t de grãos						g/t de grãos					
Grãos	54	4,8	18	2,8	2,5	2,8	31	11,5	65	39	41
Restos Culturais	24	2,0	30	19,3	8,2	1,4	51	8,3	310	159	34
Total	78	6,8	48	22,1	10,7	4,2	82	19,8	375	198	75

⁽¹⁾. Cultivares: Cv.1: BRS 360RR, Safra 2011/2012, GMR 6,2, Índice de Colheita Aparente (ICA) 0,445; Cv.2: BRS 1010IPRO, Safra 2014/2015, GMR 6,1, ICA 0,408; Cv.3: BRS 360RR, Safra 2010/2011, GMR 6,2, ICA 0,396; Cv.4: V-Top RR, Safra 2013/2014, GMR 5,8, ICA 0,301; Cv.5: DM 6563IPRO, Safra 2014/2015, GMR 6,3, ICA 0,407.

⁽²⁾. Quantidade de nutrientes contida nos grãos das plantas no estádio final de desenvolvimento (R8, maturação plena) – Umidade base 13%.

⁽³⁾. Quantidade de nutrientes contida no tecido vegetal das plantas no estádio de Máximo Acúmulo de Matéria Seca (R6).

⁽⁴⁾. Fatores de conversão: P → P₂O₅ = multiplicar por 2,29; K → K₂O = multiplicar por 1,21.

Diagnose foliar

A avaliação do estado nutricional das plantas é um método de interpretação baseado na correlação positiva existente entre a concentração dos nutrientes nas plantas e o potencial de produção da soja. O órgão que melhor representa o estado nutricional da soja é a folha recém madura coletada no início do florescimento/florescimento pleno e, por essa ra-

zão, a técnica é conhecida por diagnose foliar. Por essa técnica, os resultados da análise química de folhas são divididos em classes de teores (Tabelas 7, 8 e 9) ou índices de equilíbrio dos nutrientes para a cultura da soja (DRIS, 2003).

Para a realização de uma amostragem de folhas representativa do talhão de soja, coleta-se, o terceiro ou o quarto trifólios da haste principal, sem pecíolo, considerados a partir do ápice das plantas de um mínimo de 25 plantas. As folhas coletadas devem estar livres de poeira, bem como de possíveis contaminações por produtos aplicados via foliar e deverão ser acondicionadas em sacos de papel para secagem à sombra.

A época ideal de amostragem de folhas, no entanto, difere em função do tipo de crescimento. Deve ser considerado o estádio de desenvolvimento de aproximadamente 50% das plantas do talhão. Para as cultivares que possuem tipo de crescimento determinado, a amostragem deve ser realizada no início do florescimento/florescimento pleno (Estádios R1 e R2). Por outro lado, o estádio fenológico para amostragem de folhas das cultivares que possuem tipo de crescimento indeterminado é o R2, podendo-se estender até o início do estádio R3, desde que as plantas estejam no estádio vegetativo V8/V10. No Anexo 1 são apresentados os estádios de desenvolvimento da soja com tipo de crescimento determinado e indeterminado (Oliveira Junior et al., 2016).

Na Tabela 7, são apresentados os teores utilizados para a interpretação das análises de folhas, sem pecíolo, de soja de tipo de crescimento determinado e indeterminado.

Tabela 7. Classes e teores de nutrientes utilizados na interpretação dos resultados das análises de folhas, sem pecíolo, de soja de tipos de crescimento determinado e indeterminado.

Elemento	Baixo	Adequado	Alto
	g/kg		
N	< 45,0	45,0 a 65,0	> 65,0
P	< 2,8	2,8 a 4,5	> 4,5
K	< 18,0	18,0 a 25,0	> 25,0
Ca	< 6,0	6,0 a 10,0	> 10,0
Mg	< 2,8	2,8 a 5,0	> 5,0
S	< 2,4	2,4 a 4,0	> 4,0
mg/kg			
B	< 40	40 a 60	> 60
Cu	< 6	6 a 12	> 12
Fe	< 90	90 a 180	> 180
Mn	< 70	70 a 150	> 150
Zn	< 30	30 a 45	> 45

Especificamente para o estado do Paraná, são apresentadas na Tabela 8, as faixas indicativas de suficiência de nutrientes definidas para a soja de tipo de crescimento indeterminado.

Tabela 8. Teores de nutrientes utilizados na interpretação dos resultados das análises de folhas, sem pecíolo, de soja de tipo de crescimento indeterminado, para o Paraná.

Elemento	Baixo	Adequado	Alto
	g/kg		
N	< 46,0	46,0 a 60,0	> 60,0
P	< 3,0	3,0 a 4,1	> 4,1
K	< 17,5	17,5 a 23	> 23
Ca	< 6,0	6,0 a 9,5	> 9,5
Mg	< 3,0	3,0 a 4,5	> 4,5
S	< 2,2	2,2 a 3,2	> 3,2
mg/kg			
B	< 45	45 a 75	> 75
Cu	< 5,5	5,5 a 11	> 11
Fe	< 80	80 a 175	> 175
Mn	< 100	100 a 170	> 170
Zn	< 35	35 a 55	> 55

Para os estados de Mato Grosso do Sul e de Mato Grosso, a interpretação dos resultados de análise foliar é feita a partir de faixas de teores definidas na Tabela 9. Nesses estados, adota-se como folha índice o terceiro ou quarto trifólio, a partir do ápice, coletado no estádio (R2), podendo-se interpretar o resultado de amostras com ou sem pecíolo.

Tabela 9. Teores de nutrientes utilizados na interpretação dos resultados das análises de folhas de soja para o MS e MT (Estádio R2).

Elemento	Trifólio <u>com</u> pecíolo			Trifólio <u>sem</u> pecíolo		
	Baixo	Adequado	Alto	Baixo	Adequado	Alto
	g/kg					
N	<36,8	36,8 a 46,9	>46,9	<50,6	50,6 a 62,4	>62,4
P	<2,3	2,3 a 3,4	>3,4	<2,8	2,8 a 3,9	>3,9
K	<17,3	17,3 a 25,7	>25,7	<14,4	14,4 a 20,3	>20,3
Ca	<6,8	6,8 a 11,8	>11,8	<6,2	6,2 a 11,6	>11,6
Mg	<2,9	2,9 a 4,7	>4,7	<3,0	3,0 a 4,9	>4,9
S	<2,1	2,0 a 3,0	>3,0	<2,4	2,4 a 3,3	>3,3
mg/kg						
B	<33	33 a 50	>50	<37	37 a 56	>56
Cu	<6	6 a 11	>11	<7	7 a 12	>12
Fe	<59	59 a 120	>120	<77	77 a 155	>155
Mn	<28	28 a 75	>75	<38	38 a 97	>97
Zn	<31	31 a 58	>58	<41	41 a 78	>78

Fonte: Kurihara et al. (2008).

Adubação da Soja

A adubação da soja deve ser realizada a partir de critérios técnicos que permitam avaliar corretamente a fertilidade do solo e propiciem o uso eficiente dos fertilizantes, o atendimento das necessidades nutricionais das plantas e a máxima eficiência econômica para o produtor. Para tanto, a análise química de solo e de tecido, são ferramentas altamente eficientes. Outra possibilidade de avaliação da adubação é o índice de atendimento às exportações de nutrientes (IAExp) que é calculado a partir do balanço da adubação e indica se o manejo está em equilíbrio, conduzindo à redução ou incremento do teor de nutrientes no solo, com prováveis reflexos na produtividade e/ou nos custos (Item: Balanço da adubação como critério de recomendação de adubação - AFERE)

Nitrogênio

A soja obtém a maior parte do nitrogênio (N) para as funções metabólicas por processos naturais de fixação biológica realizada nos nódulos radiculares, que são associações simbióticas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Assim, a recomendação técnica para o manejo do N na cultura da soja baseia-se na correta inoculação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, abordada no capítulo 8 “Fixação biológica de nitrogênio” (FBN).

Existe grande discussão sobre os possíveis benefícios do uso de N mineral na soja, porém a maioria dos resultados obtidos em condições de campo demonstram que a aplicação de N, na semeadura (Oliveira Junior et al., 2015) ou em cobertura via solo e/ou foliar, não traz resultados significativos de produtividade. Entretanto, nos casos de utilização de formulações NPK contendo o MAP (9%–10% N e 50%–55% P₂O₅) como fonte de P, deve-se evitar a aplicação de doses de N superiores a 20 kg/ha, visando o adequado estabelecimento da FBN.

Fósforo e Potássio

O fósforo e o potássio são os nutrientes que devem receber maior atenção na adubação, isso porque, depois do nitrogênio, são os nutrientes exportados em maiores quantidades.

Para elevar ou manter a fertilidade do solo, e atingir o potencial produtivo da soja, com eficiência técnica e econômica, além da disponibilidade desses nutrientes no solo, os critérios para a recomendação de adubação devem considerar a fonte, a dose, a forma e a época de aplicação do fertilizante.

A eficiência dos fertilizantes e a resposta à adubação são altamente dependentes de fatores do clima e principalmente das propriedades físico-químicas e biológicas do solo. Portanto, a recomendação de adubação é regionalizada, com base em resultados da experimentação científica para determinação das curvas de calibração de resposta à adubação.

Região de Cerrados (Sousa et al., 2016)

Adubação fosfatada

A indicação da quantidade de nutrientes é feita com base nos resultados da análise do solo, amostrado na camada de 0 cm a 20 cm. Na Tabela 10 são apresentados os teores de P por Mehlich-1 e resina trocadora de íons. Os níveis críticos de P representam os teores mínimos adequados no solo, suficiente para obtenção de 80% a 90% do rendimento potencial, na ausência de aplicação de P no ano agrícola.

Para a soja sugere-se elevar o teor de P ao limite inferior da classe adequada, de modo que os níveis críticos sejam, 18 mg/dm³, 15 mg/dm³, 8 mg/dm³ e 4 mg/dm³ para solos com teor de argila ≤ 15%, 16% a 35%, 36% a 60% e ≥ 60%, respectivamente.

Tabela 10. Interpretação da análise de solo (Mehlich-1), em função do teor de argila no solo, para indicação de adubação fosfatada, em sistema de sequeiro com culturas anuais.

Classe de disponibilidade de P	Potencial de produtividade %	P Resina	P - Mehlich-1 (em função do teor de argila, %)			
			≤ 15	16 a 35	36 a 60	> 60
Muito baixo	0–40	0–5	0–6,0	0–5,0	0–3,0	0–2,0
Baixo	41–60	6–8	6,1–12,0	5,1–10,0	3,1–5,0	2,1–3,0
Médio	61–80	9–14	12,1–18,0	10,1–15,0	5,1–8,0	3,1–4,0
Adequado	81–90	15–20	18,1–25,0	15,1–20,0	8,1–12,0	4,1–6,0
Alto	91–100	21–35	25,1–40,0	20,1–35,0	12,1–18,0	6,1–9,0
Muito alto	100	> 35	> 40,0	> 35,0	> 18,0	> 9,0

Recomendação de adubação:

Adubação fosfatada corretiva (fosfatagem): essa adubação visa elevar a disponibilidade de P do solo para a classe “adequada” (Tabela 10). A dose de fertilizante fosfatado necessária para se atingir esse nível de disponibilidade pode ser estimada pelo método baseado na capacidade tampão de P no solo (CTP). A CTP corresponde à dose de P₂O₅ neces-

sária para se elevar em 1 mg/dm³ o teor de P na camada amostrada de 0 cm a 20 cm do solo e varia com a textura e o extrator de P (Tabela 11). Conhecendo-se o teor atual de P no solo, a dose de P₂O₅ na adubação corretiva é calculada a partir da seguinte equação:

$$\text{Dose de P (kg/ha de P}_2\text{O}_5) = (\text{Teor desejado de P} - \text{Teor atual de P}) \times \text{CTP}$$

Tabela 11. Níveis críticos de fósforo para 80% da produtividade potencial e valores da capacidade tampão de fósforo (CTP) do solo, com a finalidade de determinar a dose do fertilizante fosfatado na adubação corretiva de culturas anuais na região dos Cerrados, em função do teor de argila no solo, para os métodos Mehlich-1 e Resina.

Teor de argila (%)	Nível crítico de fósforo para 80% do rendimento potencial ⁽¹⁾		Capacidade tampão de fósforo CTP) ⁽²⁾	
	Mehlich-1	Resina	Mehlich-1	Resina
	mg/dm ³		kg/ha de P ₂ O ₅ por unidade de P (mg/dm ³)	
10–15	20	15	5	6
16–20	18	15	6	7
21–25	17	15	7	8
26–30	15	15	9	9
31–35	14	15	11	10
36–40	13	15	15	12
41–45	11	15	18	13
46–50	10	15	23	14
51–55	8	15	29	15
56–60	7	15	37	16
61–65	5	15	54	17
66–70	4	15	70	19

⁽¹⁾ Para obtenção do nível crítico de fósforo para 90% do rendimento potencial, para culturas de maior valor agregado ou menor risco climático, como sistemas irrigados, multiplicar esses valores por 1,4.

⁽²⁾ Dose de P₂O₅ solúvel para elevar o teor de fósforo no solo em 1 mg/dm³, com base em amostras da camada de 0 cm a 20 cm.

Nas Tabelas 12 e 13 são apresentadas as doses de fósforo (kg/ha de P₂O₅) para adubação corretiva, recomendadas para a elevação da disponibilidade de P ao nível crítico de obtenção de 80% da produtividade potencial da cultura, em função do teor de argila e da capacidade tampão de P do solo.

Tabela 12. Doses recomendadas (kg/ha de P₂O₅) para correção do teor de P no solo (Mehlich-1) até o valor correspondente a 80% da produtividade potencial.

Teor de P (Mehlich-1)	Teor de argila (%)											
	< 15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	> 70	
mg/dm ³	kg/ha de P ₂ O ₅											
1	95	102	112	126	143	180	180	207	203	222	216	210
2	90	96	105	117	132	165	162	184	174	185	162	140
3	85	90	98	108	121	150	144	161	145	148	108	70
4	80	84	91	99	110	135	126	138	116	111	54	M
5	75	78	84	90	99	120	108	115	87	74	M	
6	70	72	77	81	88	105	90	92	58	37		
7	65	66	70	72	77	90	72	69	29	M		
8	60	60	63	63	66	75	54	46	M			
9	55	54	56	54	55	60	36	23				
10	50	48	49	45	44	45	18	M				
11	45	42	42	36	33	30	M					
12	40	36	35	27	22	15						
13	35	30	28	18	11	M						
14	30	24	21	9	M							
15	25	18	14	M								
16	20	12	7									
17	15	6	M									
18	10	M										
19	5											
20	M											

M: Doses de manutenção correspondentes a 15 kg P₂O₅ e 10 kg de P₂O₅, para cada tonelada de grãos esperada, respectivamente para solos com teores adequado ou alto de P no solo.

Dados calculados a partir da Tabela 11.

Tabela 13. Doses recomendadas (kg/ha de P₂O₅) para correção do teor de P no solo (Resina) até o valor correspondente a 80% da produtividade potencial. Dados calculados a partir da Tabela 11.

Teor de P (Resina)	Teor de argila (%)											
	< 15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	> 70	
mg/dm ³	kg/ha de P ₂ O ₅											
1	84	98	112	126	140	168	182	196	210	224	238	266
2	78	91	104	117	130	156	169	182	195	208	221	247
3	72	84	96	108	120	144	156	168	180	192	204	228
4	66	77	88	99	110	132	143	154	165	176	187	209
5	60	70	80	90	100	120	130	140	150	160	170	190
6	54	63	72	81	90	108	117	126	135	144	153	171
7	48	56	64	72	80	96	104	112	120	128	136	152
8	42	49	56	63	70	84	91	98	105	112	119	133
9	36	42	48	54	60	72	78	84	90	96	102	114
10	30	35	40	45	50	60	65	70	75	80	85	95
11	24	28	32	36	40	48	52	56	60	64	68	76
12	18	21	24	27	30	36	39	42	45	48	51	57
13	12	14	16	18	20	24	26	28	30	32	34	38
14	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19
15	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

M: Doses de manutenção correspondentes a 15 kg P₂O₅ e 10 kg de P₂O₅, para cada tonelada de grãos esperada, respectivamente, para solos com teores adequado ou alto de P no solo.

Dados calculados a partir da Tabela 11.

Adubação corretiva gradual: pode ser utilizada quando não se tem capital para fazer a correção do solo de uma só vez, situação frequente para solos argilosos e muito argilosos, cujas doses requeridas de fertilizante são elevadas. Essa prática consiste em aplicar, no sulco de semeadura, a quantidade de P definida para a adubação corretiva, mas de modo parcelado, acrescentando à adubação anual de manutenção, uma parcela da adubação corretiva total até atingir, após alguns anos, a disponibilidade de P desejada. Sugere-se que a adubação corretiva gradual seja realizada num período máximo de cinco cultivos, após o qual, o solo apresentará os teores de P no nível adequado (Tabela 10).

Adubação de manutenção: a adubação de manutenção é recomendada quando a disponibilidade de P é adequada ou alta e as doses devem ser suficientes para a manutenção do potencial produtivo das áreas. Nesses casos, a recomendação de adubação de manutenção, em sistema plantio direto bem manejado e sem limitações químicas, físicas e biológicas, é aplicar doses correspondentes a 15 kg P₂O₅ e 10 kg de P₂O₅, para cada tonelada de grãos esperada, respectivamente, para solos com teores de fósforo nas classes de disponibilidade adequado ou alto de P (Tabela 10). Para solos na classe de teor muito alto de P, pode-se deixar de realizar a adubação fosfatada por um ano ou mais, até o retorno para à classe alto.

b) Adubação potássica (Vilela et al., 2004)

Para solos da região dos Cerrados, adotam-se dois sistemas de correção da deficiência de potássio. A adubação corretiva total que consiste em aplicar doses de potássio para corrigir a deficiência, seguida de aplicações anuais para repor a exportação de potássio pelas culturas. A outra, é a adubação corretiva gradual que consiste em aplicar anualmente doses de potássio pouco acima da necessidade das culturas.

A recomendação de adubação é subdividida em duas classes de CTC: solos com CTC a pH 7,0 menor do que 4,0 cmol_c/dm³ e solos com CTC a pH 7,0 maior ou igual a 4 cmol_c/dm³ (Tabela 14). É importante lembrar que, em solos com CTC menor do que 4,0 cmol_c/dm³, o potencial de perdas de K por lixiviação é grande. Nesse caso, recomenda-se o parcelamento para doses maiores de 40 kg/ha de K₂O ou sua aplicação a lanço. Doses de K acima de 100 kg/ha de K₂O, independente da CTC do solo, devem ser, preferencialmente, parceladas ou aplicadas a lanço.

Tabela 14. Interpretação da análise do solo e recomendação de adubação corretiva de K para culturas anuais conforme a disponibilidade do nutriente em solos dos Cerrados.

Teor de K		Interpretação	Corretiva Total	Corretiva gradual
mg/kg	cmol _c /dm ³		kg/ha de K ₂ O	
CTC a pH 7,0 < 4,0 cmol_c/dm³				
< 16	< 0,04	Baixo	50	70
16 a 30	0,04 a 0,08	Médio	25	60
31 a 40	0,08 a 0,10	Adequado ⁽¹⁾	0	0
> 40	> 0,10	Alto ⁽²⁾	0	0
CTC a pH 7,0 ≥ 4,0 cmol_c/dm³				
≤ 25	< 0,06	Baixo	100	80
26 a 50	0,06 a 0,13	Médio	50	60
51 a 80	0,13 a 0,20	Adequado ⁽¹⁾	0	0
> 80	> 0,20	Alto ⁽²⁾	0	0

⁽¹⁾ Para solos com teores de potássio dentro dessa classe, recomenda-se adubação de manutenção de acordo com a expectativa de produção.

⁽²⁾ Para solos com teores de potássio dentro dessa classe, recomenda-se 50% da adubação de manutenção ou da extração de potássio esperada ou estimada com base na última safra.

Se o teor de K for interpretado como adequado, para evitar o decréscimo de potássio no solo, recomenda-se aplicar anualmente adubação de manutenção para repor as quantidades de K exportadas pela cultura. Para solos com altos teores de potássio, até atingir teores adequados, eventualmente podem ser adotadas adubações de manutenção equivalentes a 50% da exportação de K.

Considera-se que a exportação de potássio para a soja na região dos Cerrados seja correspondente a 20 kg de K₂O para cada tonelada de grãos que se espera produzir. Considerando-se que não haja perdas por lixiviação e que os restos culturais sejam mantidos na área.

Estado de Mato Grosso

As indicações técnicas para o Estado de Mato Grosso foram compiladas do Boletim de Pesquisa - 2019/2020 (Zancanaro et al., 2019). As Tabelas 15 a 18 servem como referência para a interpretação das análises de solo e como sugestão de adubação, considerando os resultados de pesquisa do Programa de Monitoramento da Adubação (PMA), da Fundação MT.

Adubação fosfatada

O fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade em solos da região dos Cerrados, quando incorporados à agricultura. Porém, há muitas áreas que vêm sendo cultivadas há vários anos e/ou receberam investimento elevado com adubação e que, atualmente, apresentam teores adequados ou altos de fósforo.

As diferenças quanto ao histórico de cultivo (histórico de investimentos e teor de fósforo no solo) determinam estratégias de adubação diferenciadas. O fósforo, de modo geral, também é o nutriente com maior custo dentro da adubação da cultura da soja, além de interferir significativamente na parte operacional.

As Tabelas 15 a 16 podem servir como referência para a interpretação dos resultados da análise do solo e também como sugestão de adubação.

Tabela 15. Interpretação de análises de solo para recomendação de adubação fosfatada (Mehlich-1), de amostras de solo coletadas na profundidade de 0 cm a 20 cm).

Teor de argila	Teor de P			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado
%	mg/dm ³			
61 a 80	< 2,0	2,0 a 3,9	4,0 a 6,0	> 6,0
41 a 60	< 5,0	5,0 a 7,9	8,0 a 12,0	> 12,0
21 a 40	< 6,0	6,0 a 11,9	12,0 a 18,0	> 18,0
≤ 20	< 8,0	8,0 a 14,9	15,0 a 20,0	> 20,0

Nota: Ao interpretar os resultados de análises de solo em amostras coletadas em campo com histórico de adubação com fosfatos naturais, ou fertilizantes fosfatados com menor grau de solubilização, é importante considerar que o método de Mehlich-1, para análise de fósforo, tende a superestimar os teores disponíveis desse elemento no solo. Nesse caso, o método de análise recomendado é o método da resina.

Tabela 16. Recomendação de adubação fosfatada corretiva a lanço⁽¹⁾, de acordo com o teor de argila do solo.

Teor de Argila	Teor de P (mg/dm ³) - Mehlich-1	
	Muito baixo	Baixo
%	kg/ha de P ₂ O ₅ ⁽²⁾	
61 a 80	300	200
41 a 60	250	175
21 a 40	200	135
≤ 20	150	100

⁽¹⁾ A adubação corretiva de fósforo deve ser avaliada pela quantidade de fósforo, em função do teor de argila, do valor comercial da soja e pelo retorno esperado com as maiores produtividades que possam ser alcançadas nos primeiros quatro anos;

⁽²⁾ As quantidades de fósforo sugeridas se referem ao fósforo solúvel (CNA + Água).

Na Tabela 17, as quantidades sugeridas de fósforo se referem a uma expectativa de produtividade de 60 sc/ha (3.600 kg/ha) para áreas com vários anos de cultivo e de 55 sc/ha (3.300 kg/ha) para áreas novas. A obtenção de produtividades maiores também é dependente da uniformidade da lavoura já que, de modo geral, as áreas novas apresentam maior desuniformidade.

Tabela 17. Recomendação de adubação fosfatada de manutenção aplicada no sulco de semeadura⁽¹⁾ e de acordo com a disponibilidade de fósforo em solos com vegetação de Cerrados, para Mato Grosso.

Teor de Argila	Teor de P (mg/dm ³) – Mehlich-1			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado
%	kg/ha de P ₂ O ₅ ⁽¹⁾			
61 a 80	≥ 120 ⁽²⁾	110	90	60 ⁽³⁾
41 a 60	≥ 120	100	80	60
21 a 40	120	100	80	60
≤ 20	120	90	80	60

⁽¹⁾ As quantidades de fósforo sugeridas se referem ao fósforo solúvel (CNA + Água) e podem variar em função do nível de produtividade desejada, nível de investimento e preço esperado para a soja.

⁽²⁾ O PMA tem encontrado respostas positivas e lineares ao fósforo aplicado na linha de semeadura até a maior quantidade de fósforo aplicada (132 kg/ha de P₂O₅), quando a soja é semeada em condições em que o teor de fósforo no solo é muito baixo. Portanto, se o fósforo no solo estiver classificado como baixo ou muito baixo e se houver possibilidade de realizar maior investimento em fósforo e/ou os preços da soja forem promissores, poderão ser utilizadas quantidades maiores do que as sugeridas na Tabela.

⁽³⁾ As quantidades recomendadas quando o nível de fósforo for interpretado como adequado equivalem à estratégia de manutenção para as produtividades citadas acima. Para produtividades maiores que as citadas acima, a quantidade recomendada de fósforo para a estratégia de adubação e de reposição é proporcional à produtividade obtida ou desejada.

A decisão de adubação no sulco de semeadura ou a lanço depende do diagnóstico da área, dos objetivos da empresa e do manejo operacional. Contudo, uma estratégia é fazer uma alternância durante os anos ou safras, quanto a modalidade de aplicação do fertilizante fosfatado.

Adubação potássica

Na Tabela 18 encontra-se a interpretação dos resultados das análises de solo e a sugestão de recomendação de adubação potássica para a cultura da soja, considerando os resultados de pesquisa do PMA, da Fundação MT.

Tabela 18. Interpretação dos níveis de potássio no solo e recomendação de adubação (kg/ha de K₂O) para a produtividade esperada de 3600 kg/ha (60 sc/ha).

Níveis	Teor de K ⁺ no solo		Dose de K kg/ha de K ₂ O
	mg/dm ³	cmol _c /dm ³	
Bom	> 60	> 0,15	72 a 80 ⁽¹⁾
Médio	40 a 60	0,10 a 0,15	80 a 100
Baixo	20 a 40	0,05 a 0,10	100 a 120
Muito Baixo	< 20	< 0,05	120 a 140

⁽¹⁾ As quantidades recomendadas equivalem à reposição da extração esperada (20 kg/ha a 23 kg/ha de K₂O para cada 1.000 kg de grãos).

Os resultados da Fundação MT têm demonstrado que, em solos de textura muito arenosa, não há resposta às adubações maiores do que 100 kg/ha a 120 kg/ha de K₂O, após oito anos de adubação, tanto na produtividade, quanto nos teores de potássio no solo. Ou seja, em solos arenosos, dificilmente, o produtor deverá (ou poderá) trabalhar com quantidades de potássio baixas (menores do que as quantidades expostas) e nem com adubações muito elevadas (120 kg/ha a 140 kg/ha). Nesse caso, mais do que investir em quantidades maiores de potássio, é importante investir no parcelamento de sua aplicação e, acima de tudo, em culturas com elevada capacidade de reciclagem do nutriente, como o milheto ou a braquiária, por exemplo.

Deve-se evitar a aplicação de quantidades acima de 40 kg/ha a 50 kg/ha de K₂O no sulco de semeadura. Em solos com menos de 40% de argila,

a adubação de potássio deve ser feita com um terço da dose no sulco de semeadura e com dois terços em cobertura, a qual deverá ser feita 30 a 40 dias após a emergência das plantas, para cultivares de ciclo precoce ou tardio. Na aplicação a lanço deve-se ter cuidado especial na uniformidade de aplicação, em função do equipamento e, principalmente, no alcance da aplicação.

Estado de Minas Gerais

Na Tabela 19 são apresentadas as classes de interpretação da disponibilidade para fósforo, de acordo com o teor de argila do solo ou com o valor de P-remanescente e, ainda, para potássio.

Tabela 19. Classes de interpretação da disponibilidade para fósforo, de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para potássio.

Classe	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ⁽³⁾	Bom	Muito bom
Argila (%)	Fósforo disponível⁽¹⁾ (mg/dm³)				
>60	≤ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0	8,1 - 12,0	> 12,0
35 a 60	≤ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
15 a 35	≤ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
<15	≤ 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
P-rem⁽²⁾ (mg/L)					
0 - 4	≤ 3,0	3,1 - 4,3	4,4 - 6,0	6,1 - 9,0	> 9,0
4 - 10	≤ 4,0	4,1 - 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 12,5	> 12,5
10 - 19	≤ 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 11,4	11,5 - 17,5	> 17,5
19 - 30	≤ 8,0	8,1 - 11,4	11,5 - 15,8	15,9 - 24,0	> 24,0
30 - 44	≤ 11,0	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0
44 - 60	≤ 15,0	15,1 - 21,8	21,9 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
	Potássio disponível (K)⁽¹⁾				
cmol _c /dm ³	< 0,04	0,04 a 0,10	0,11 a 0,18	0,18 a 0,31	> 0,31
mg/dm ³	≤ 15	16 a 40	41 a 70	71 a 120	> 120

⁽¹⁾Método Mehlich-1.

⁽²⁾P-rem = fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TFSA com solução de CaCl_2 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10.

⁽³⁾O limite superior dessa classe indica o nível crítico.

Fonte: Alvarez V. et al. (1999).

Na Tabela 20 são indicadas as doses de fósforo e de potássio recomendadas de acordo com as classes de interpretação da disponibilidade desses nutrientes no solo, conforme Tabela 19.

Tabela 20. Adubação com P e K para produtividade de 3.000 kg de grãos.

Disponibilidade de P			Disponibilidade de K		
Baixo	Médio	Bom	Baixo	Médio	Bom
kg/ha de P ₂ O ₅			kg/ha de K ₂ O ⁽¹⁾		
120	80	40	120	80	40

⁽¹⁾ Não aplicar no sulco, em uma única vez, quantidade superior a 50 kg/ha.

Fonte: Novais (1999).

Estado de São Paulo (em fase de elaboração, ver rodapé abaixo)¹.

a) Adubação com fósforo e potássio.

Na Tabela 21 constam as doses de fósforo e de potássio a serem aplicadas no solo, que variam em função dos teores de P e K no solo e a produtividade esperada.

Tabela 21. Adubação mineral de semeadura para o estado de São Paulo.

Produtividade esperada	P resina, mg/dm ³			K ⁺ trocável, mmol _c /dm ³		
	0–15	16–40	>40	0–1,5	1,6–3,0	>3,0
kg/ha	P ₂ O ₅ (kg/ha)			K ₂ O (kg/ha)		
2000–3000	100	80	30	100	60	40
3000–4000	120	100	60	120	80	60
> 4000 ⁽¹⁾	*	120	60	120	100	80

⁽¹⁾ Não é possível obter essas produtividades com aplicação localizada de fósforo em solos com teores baixos de P.

Em solos com até 6,0 mg/dm³ de P em Resina é recomendável fazer fosfatagem com 100 kg/ha de P₂O₅ incorporado ao solo, em adição às doses recomendadas na Tabela 21.

Em solos com teores acima de 80 mg/dm³ de P (resina) e 6,0 mmol_c/dm³ de K, não são necessárias adubações com os respectivos nutrientes. No

¹ RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 3. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2021. (IAC. Boletim Técnico, 100). Em fase de elaboração.

caso do fósforo, poderia se optar por doses de 30 kg/ha a 40 kg/ha de P_2O_5 no sulco de semeadura para atuar como “starter” e acelerar o processo de estabelecimento no campo.

Deve-se evitar dose de K_2O acima de 50 kg/ha para não causar danos por salinidade às sementes. Doses maiores devem ser aplicadas preferencialmente à lanço, antes da semeadura da soja, ou aplicar metade da dose na semeadura e o restante em cobertura 20 a 25 dias após a germinação, principalmente em solos arenosos. No sistema de produção de soja de verão e milho safrinha, a dose de potássio aplicada à lanço antes da semeadura poderá ser aumentada para atender a demanda das duas culturas.

Em solos com $S-SO_4^{2-}$ abaixo de 15 mg/dm³ na camada 20 cm–40 cm, aplicar 15 kg/ha de enxofre solúvel em água para cada tonelada de produção de soja esperada.

Estado do Paraná

As doses de fósforo e de potássio variam em função das classes de teores dos nutrientes nos solos (Tabela 22 e 23).

A adubação com fósforo e potássio deve ser feita preferencialmente no sulco de semeadura. Especificamente para adubação potássica, em solos com teor de argila maior que 35% e adequada disponibilidade de K, a aplicação pode ser feita a lanço, até 30 dias antes da semeadura. No sulco de semeadura, a quantidade de fertilizante deve ser limitada a doses inferiores a 60 kg/ha de K_2O , por causa dos possíveis danos por efeito salino às sementes, principalmente em solos de textura mais arenosa. Nesse caso, a adubação complementar de potássio poderá ser realizada a lanço em cobertura, até o estádio vegetativo V4/V5.

Tendo em vista a maior exportação de potássio e de fósforo pelos grãos de soja (Resende et al., 2019), o manejo da adubação das culturas que compõem os sistemas de produção deve ser definido em função do balanço de entradas (adubação) e saídas de nutrientes (exportação pelos grãos), principalmente para o potássio, com o objetivo de manter o equilíbrio nutricional do sistema.

Tabela 22. Indicação de adubação com fósforo para a soja no estado do Paraná.

CTC cmol _c /dm ³	Classes de Interpretação da Análise de Solo	Teor de P (Mehlrich-1)	Dose Recomendada
		mg/dm ³	kg/ha de P ₂ O ₅
CTC < 5	Muito Baixo	< 6,0	120
	Baixo	6,0–14,0	90
	Médio ⁽¹⁾	14,1–20,0	60
	Alto ^{(2),(4)}	20,1–35,0	50 ou (M)
	Muito Alto ^{(3),(4)}	> 35,0	40 ou (R)
CTC ≥ 5	Muito Baixo	< 3,0	160
	Baixo	3,0–6,0	120
	Médio ⁽¹⁾	6,1–9,0	80
	Alto ^{(2),(4)}	9,1–15,0	60 ou (M)
	Muito Alto ^{(3),(4)}	> 15,0	50 ou (R)

⁽¹⁾ O limite superior dessa classe indica o nível crítico.

⁽²⁾ Para áreas com teor Alto, recomenda-se a aplicação da dose para manutenção (M), considerando 75% de eficiência, calculada com base na reposição de P para produtividade de 3,5 t/ha para solos com CTC < 5 cmol_c/dm³ e de 4 t/ha para solos com CTC ≥ 5 cmol_c/dm³. Para produtividades esperadas superiores, a dose recomendada pode ser ajustada em função de cálculos de balanço da adubação, considerando fator de eficiência de 75% e a quantidade de nutriente exportada (11 kg P₂O₅/t de grãos).

⁽³⁾ Para áreas com teor Muito Alto, recomenda-se a aplicação da dose de reposição (R), calculada com base na dose necessária para reposição de P considerando a produtividade de 3,5 t/ha para solos com CTC < 5 cmol_c/dm³ e de 4,5 t/ha para solos com CTC ≥ 5 cmol_c/dm³. Para produtividades esperadas superiores, a dose recomendada pode ser ajustada em função de cálculos de balanço da adubação, considerando fator de eficiência de 100% e a quantidade de nutriente exportada (11 kg P₂O₅/t de grãos). Nessa classe, a dose pode ser reduzida em qualquer proporção, inclusive a zero (supressão da adubação com P) sem causar variação na produtividade em função da nutrição com fósforo.

⁽⁴⁾ As práticas relacionadas à adubação de sistemas de produção podem ser aplicadas em áreas com teores de P interpretados nas classes alto e muito alto.

Tabela 23. Indicação de adubação com potássio para a soja no estado do Paraná.

CTC cmol _c /dm ³	Classes de Interpretação da Análise de Solo	Teor de K (Mehlich-1)		Dose Recomendada
		cmol _c /dm ³	mg/dm ³	
CTC < 5	Muito Baixo	< 0,04	< 16	100
	Baixo	0,04–0,08	16–32	90
	Médio ⁽¹⁾	0,09– <u>0,12</u>	33–49	80
	Alto ^{(2),(4)}	0,13–0,20	50–80	70 ou (M)
	Muito Alto ^{(3),(4)}	> 0,20	> 80	60 ou (R)
CTC ≥ 5	Muito Baixo	< 0,05	< 20	200
	Baixo	0,05–0,10	20–40	150
	Médio ⁽¹⁾	0,11– <u>0,20</u>	41–80	100
	Alto ^{(2),(4)}	0,21–0,30	81–120	90 ou (M)
	Muito Alto ^{(3),(4)}	> 0,30	> 120	80 ou (R)

⁽¹⁾ O limite superior dessa classe indica o nível crítico.

⁽²⁾ Para a classe de teor alto, recomenda-se a aplicação da dose para manutenção (M), considerando 90% de eficiência, calculada com base na reposição de K para produtividade de 3,0 t/ha para solos com CTC < 5 cmol_c/dm³ e de 3,5 t/ha para solos com CTC ≥ 5 cmol_c/dm³. Para produtividades esperadas superiores, a dose recomendada pode ser ajustada em função de cálculos de balanço da adubação, considerando fator de eficiência de 90% e a quantidade de nutriente exportada (22 kg K₂O/t de grãos).

⁽³⁾ Para a classe de teor muito alto, recomenda-se a aplicação da dose de reposição (R), calculada com base na reposição de K para uma produtividade de 3,0 t/ha para solos com CTC < 5 cmol_c/dm³ e de 3,5 t/ha para solos com CTC ≥ 5 cmol_c/dm³. Para produtividades esperadas superiores, a dose recomendada pode ser ajustada em função de cálculos de balanço da adubação, considerando fator de eficiência de 100% a quantidade de nutriente exportada (22 kg K₂O/t de grãos). Nessa classe, a dose pode ser reduzida em qualquer proporção, inclusive a zero (supressão da adubação com K) sem causar variação na produtividade em função da nutrição com K.

⁽⁴⁾ As práticas relacionadas à adubação de sistemas de produção podem ser aplicadas em áreas com teores de K interpretados nas classes alto e muito alto.

Épocas e modo de aplicação

A tomada de decisão quanto a forma de aplicação de adubação com fósforo e/ou potássio, no sulco de semeadura ou a lanço em superfície, é dependente de diversas variáveis. Não obstante as questões agro-nômicas serem as principais, frequentemente a logística, associada à

necessidade de maior agilidade nas operações de manejo, determinam o modo de aplicação, principalmente em grandes áreas.

O fósforo é um nutriente com baixa mobilidade e concentra-se nas camadas superficiais do solo (Bataglia et al., 2009; Zancanaro et al., 2019; Oliveira Junior et al., 2019), com decréscimo abrupto ao longo do perfil. Apesar do principal processo de contato desse nutriente com as raízes ser a difusão, indicando que a melhor forma de aplicação do fertilizante seja próximo às raízes (sulco de semeadura), em algumas situações, principalmente, com alta disponibilidade de fósforo e baixo risco de deficit hídrico, é possível fazer a aplicação a lanço, na superfície do solo e essa aplicação apresentar eficiência agronômica compatível com a aplicação no sulco (Oliveira Junior et al., 2019). Entretanto, a longevidade dessa prática depende do monitoramento do teor de fósforo (fertilidade do solo) nas camadas de 0 cm a 10 cm e 10 cm a 20 cm de profundidade.

O potássio disponível está presente na fração trocável do solo e apresenta maior mobilidade que o fósforo. Os processos de fluxo de massa e difusão determinam o contato do íon com as raízes, possibilitando maior flexibilidade quanto a época e o modo de aplicação, facilitando a logística e o manejo da adubação. Regra geral, o potássio pode ser aplicado de forma localizada no sulco de semeadura, respeitando os limites máximos indicados em cada região. Alternativamente, nos solos com fertilidade construída, é possível fazer a aplicação de potássio antecipadamente à semeadura ou em cobertura até o estádio V4/V5 de desenvolvimento da soja.

Os níveis críticos de fósforo e potássio no solo e as faixas de suficiência para alcançar altas produtividades oferecem um conjunto de informações importantes para a definição da quantidade de fertilizantes, possibilitando inferir que, para sistemas de produção com teor de fósforo e potássio, acima dos teores considerados altos, é possível suprimir a adubação. Outra possibilidade, é a antecipação da adubação da soja, na cultura de inverno (Foloni et al., 2018). Para essa supressão, é fundamental o monitoramento criterioso da fertilidade do solo, num intervalo máximo de 2 safras, para que os teores de nutrientes não fiquem abaixo

do nível crítico. Além da análise de solo, avaliar o balanço de entrada e saída de nutrientes, as produtividades das culturas que compõem o sistema de produção e mesmo, a análise de folhas.

Fontes

Para o potássio, a principal fonte e a de maior viabilidade econômica é o cloreto de potássio, entretanto, fontes multinutrientes têm sido disponibilizadas aos produtores. Nesse caso, a recomendação da quantidade a ser aplicada deve ser realizada a partir do teor de K solúvel em água e/ou em ácido cítrico.

No caso do fósforo, alguns fabricantes têm indicado redução de doses das formulações alegando maior eficiência em comparação com as fontes minerais. Esse posicionamento tem sido muito comum para os fertilizantes organominerais. Nesse sentido, reforçamos que as fontes minerais/organominerais, quando aplicadas em condições de manutenção e reposição, apresentam eficiência agronômica de, no mínimo, 75% (calculada a partir da relação entre P aplicado e P exportado). Portanto, a recomendação de ambas as fontes deve ser realizada com base no respectivo teor de P_2O_5 solúvel em CNA (Citrato Neutro de Amônio) + Água.

Enxofre

Para melhor avaliar a distribuição de enxofre (S) no solo e a necessidade do nutriente, deve-se fazer a análise de solo em duas profundidades, 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm, por causa da mobilidade do nutriente no solo e do seu acúmulo na segunda camada.

A Tabela 24 apresenta as quantidades recomendadas, de acordo com a classe de teores no solo. Os níveis críticos são 3 mg/dm³ e 9 mg/dm³ para solos com CTC \leq 5 cmol_c/dm³ e 10 mg/dm³ e 35 mg/dm³ para solos com CTC $>$ 5 cmol_c/dm³, respectivamente nas profundidades 0 cm a 20 cm e 20 cm a 40 cm.

Considerando a exportação do nutriente, que é em torno de 2,8 kg de S por tonelada de grãos (Tabela 6), a adubação de manutenção deve considerar a reposição total das perdas estimadas em função da produtividade esperada.

No mercado, encontram-se algumas fontes de enxofre como: gesso agrícola (15% de S), superfosfato simples (12% de S), enxofre elementar (98% de S), entre outras. A Tabela 25 apresenta várias fórmulas N-P-K contendo S. Além disso, mais recentemente, foram disponibilizados no mercado fertilizantes a base de MAP contendo enxofre na composição, possibilitando realizar a adubação de manutenção com S, utilizando fertilizantes fosfatados de alta concentração.

Tabela 24. Indicação de adubação de correção e de manutenção com enxofre (S), conforme as faixas de teores de S no solo (mg/dm^3), em duas profundidades, para a cultura da soja no Brasil.

Faixas para Interpretação		Teor de S no solo ⁽¹⁾				Quantidade de enxofre (S) a aplicar	
		CTC < 5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$		CTC ≥ 5 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$			
Profundidade (cm)							
0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40	0 a 20	20 a 40		
mg/dm^3						kg/ha	
Baixo	Baixo	< 2	< 6	< 5	< 20	30 + M ⁽²⁾	
	Médio	< 2	6 a 9	< 5	20 a 35	20 + M	
	Alto	< 2	> 9	< 5	> 35	10 + M	
Médio	Baixo	2 a 3	< 6	5 a 10	< 20	20 + M	
	Médio	2 a 3	6 a 9	5 a 10	20 a 35	10 + M	
	Alto	2 a 3	> 9	5 a 10	> 35	M	
Alto	Baixo	> 3	< 6	> 10	< 20	10 + M	
	Médio	> 3	6 a 9	> 10	20 a 35	M	
	Alto	> 3	> 9	> 10	> 35	M	

⁽¹⁾Métodos: Extração-Ca(H_2PO_4)₂ 0,01 M; Determinação-Turbidimetria.

⁽²⁾M = Manutenção: 3 kg/ha de S-SO₄²⁻ para cada 1.000 kg/ha de produtividade de grãos esperada.

Fonte: Modificado de Sfredo et al. (2003).

Na Tabela 25 são apresentadas a composição de algumas formulações de adubos encontradas no mercado, com as respectivas quantidades de fosfato monoamônio (MAP), superfosfato triplo (TSP), superfosfato simples (SSP), fosfato reativo (FR), cloreto de potássio (KCl), enxofre elementar (S⁰), sulfato de amônio (SA) e as respectivas concentrações/garantias de S e cálcio (Ca). Conforme pode ser observado, algumas formulações contém quantidades relevantes de macronutrientes secundários.

dários que em determinadas situações de fertilidade do solo, podem atender às necessidades complementares das culturas.

Outras formulações podem ser encontradas no mercado devendo-se atentar para que as quantidades dos nutrientes aplicadas atendam as diferentes necessidades das culturas e de fertilidade dos solos.

Tabela 25. Composição de algumas formulações de fertilizantes para a cultura da soja, com as respectivas quantidades de fosfato monoamônio (MAP), superfosfato triplo (TSP), superfosfato simples (SSP), fosfato reativo (FR), cloreto de potássio (KCl), enxofre elementar (S0), sulfato de amônio (Sulf. Am.) e as respectivas concentrações/garantias de enxofre (S) e cálcio (Ca).

Fórmula N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Composição							Garantias	
	MAP	TSP	SSP	FR	KCl	S ⁰	SA	S	Ca
	kg/t							%	
00-20-20	---	265	401	---	334	---	---	4,0	10,0
00-20-25	---	326	257	---	417	---	---	2,5	9,0
00-20-10	---	142	691	---	167	---	---	7,0	14,0
00-10-30	---	9	491	---	500	---	---	5,0	9,0
00-30-10	---	519	314	---	167	---	---	3,0	12,0
00-20-30	---	387	113	---	500	---	---	1,2	6,8
00-25-25	---	515	68	---	417	---	---	0,7	7,4
00-25-20	---	454	212	---	334	---	---	2,3	9,5
00-18-18	---	164	536	---	300	---	---	6,0	12,0
00-30-15	---	580	170	---	250	---	---	1,7	10,0
02-20-20	182	42	442	---	334	---	---	4,0	9,0
02-20-10	133	0	673	---	167	---	---	7,0	12,0
02-28-20	182	344	140	---	334	---	---	1,5	6,8
02-20-18	118	0	137	355	300	57	33	8,0	15,5
02-28-18	182	305	0	141	300	72	0	7,1	9,2
02-24-20	182	250	0	96	400	72	0	7,1	6,9

Outras formulações podem ser utilizadas desde que atendam as quantidades dos nutrientes indicados para as diferentes situações de fertilidade dos solos.

a) Adubação com enxofre no Cerrado

Para Rein e Souza (2004), caso não tenha sido feita a gessagem na área e o solo seja deficiente em enxofre (Tabela 26), a cada cultivo devem ser aplicados 20 kg/ha de S para produtividade de até 3 t/ha e 30 kg/ha de S para produtividades entre 3 t/ha a 5 t/ha. Quando a disponibilidade de S for média, recomenda-se 15 kg/ha de S e, em áreas com disponibilidade alta de enxofre, não é necessário aplicação do nutriente, exceto, quando o teor de S na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade, for $\leq 4 \text{ mg/dm}^3$. Nesse caso, recomenda-se aplicar 5 kg/ha de S, na forma de sulfato, na linha de semeadura.

Os resultados de pesquisa da Fundação MT demonstram que não há resposta na utilização de quantidades de enxofre maiores de 30 kg/ha por safra, mesmo em áreas com teores baixos de enxofre no solo, sem que haja diferenças entre as fontes de gesso, superfosfato simples e/ou enxofre elementar em pó.

Tabela 26. Interpretação da análise de enxofre (S) em solos da região dos Cerrados, considerando-se teor médio na camada de 0 cm a 40 cm de profundidade.

S no solo (Teor médio na camada de 0 cm a 40 cm) ⁽¹⁾	Disponibilidade de S
mg/dm ³	
≤ 4	Baixa
5 a 9	Média
≥ 10	Alta

⁽¹⁾[(teor de enxofre na camada de 0 a 20 cm + teor de enxofre na camada de 20 a 40 cm)/2]; S extraído com $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,01 M em água (relação solo: solução extratora de 1:2,5).

Fonte: Rein e Souza (2004).

A frequência de resposta da cultura da soja à aplicação de enxofre está aumentando. Esse fato provavelmente está associado ao manejo do solo, que favorece a degradação da matéria orgânica com maior tempo de cultivo e também à escolha contínua de fertilizantes fosfatados concentrados em fósforo, mas que não possuem enxofre em sua composição.

Micronutrientes

Boro, cobre, manganês, zinco e ferro

As classes de disponibilidade de micronutrientes no solo, em função dos extractores Mehlich-1, DTPA e água quente, para a cultura da soja, são apresentadas para os solos do Paraná (Tabela 27), dos Cerrados (Tabela 28) e de São Paulo (Tabela 29).

A diagnose foliar (Tabelas 7, 8 e 9) deve ser utilizada como ferramenta complementar para avaliação da disponibilidade de micronutrientes no solo, conferindo maior precisão ao diagnóstico, independente da presença de sintomas visíveis. Dessa forma, constitui-se em instrumento efetivo para a indicação da correção de algum desequilíbrio nutricional via adubação.

Tabela 27. Limites de interpretação dos teores de micronutrientes no solo no Parará.

Faixas	Métodos				
	Água quente	Mehlich-1			
		B ⁽¹⁾	Cu ⁽²⁾	Mn ⁽³⁾	Zn ⁽¹⁾
		mg/dm ³			
Baixo	< 0,30	< 0,80	< 15	< 1,1	
Médio	0,30 - 0,50	0,80 - 1,70	15 - 30	1,1 - 1,6	
Alto	> 0,50	> 1,70	> 30	> 1,6	

Fonte: ⁽¹⁾Modificado de Galrão (2004); ⁽²⁾Modificado de Borkert et al. (2006); ⁽³⁾Modificado de Sfredo et al. (2006).

Tabela 28. Limites para a interpretação dos teores de micronutrientes no solo, extraídos por dois métodos de análise, para culturas anuais, nos solos do Cerrado.

Faixas	Métodos			
	Água quente		Mehlich-1	
	B	Cu	Mn	Zn
	mg/dm ³			
Baixo	< 0,30	< 0,5	< 2,0	< 1,1
Médio	0,30 - 0,50	0,5 - 0,8	2,0 – 5,0	1,1 - 1,6
Alto	> 0,50	> 0,8	> 5,0	> 1,6

Fonte: Modificado de Galrão (2004).

Tabela 29. Limites para a interpretação dos teores de micronutrientes no solo, extraídos por DTPA, no estado de São Paulo.

Faixas	Métodos				
	Água quente		DTPA		
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/dm ³				
Baixo	< 0,21	< 0,3	< 5	< 1,3	< 0,6
Médio	0,21–0,60	0,3–0,8	5–12	1,3–5,0	0,6–1,2
Alto	> 0,60	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2

Fonte: Modificado de Raij et al. (1996).

Na Tabela 30 são apresentadas as indicações de doses de micronutrientes e formas de aplicação no solo, para correção da deficiência nutricional.

Tabela 30. Indicação da aplicação de doses de micronutrientes no solo, para a cultura da soja.

Teor	B	Cu	Mn	Zn
	kg/ha			
Baixo ⁽¹⁾	2,0	2,0	6,0	6,0
Médio ⁽²⁾	0,5	0,5	1,5	1,5
Alto	0,0	0,0	0,0	0,0

⁽¹⁾Aplicação a lanço em dose única ou dividida em três partes iguais, no sulco de semeadura, em três cultivos sucessivos. ⁽²⁾Aplicação a lanço.

Fonte: Galrão (2004).

A limitação por boro pode afetar a produtividade das culturas. No entanto, não é comum o aparecimento de sintomas de deficiência do nutriente, apesar dos baixos teores de boro disponíveis nos solos brasileiros. Os problemas de deficiência de boro são mais frequentes em solos mais arenosos e com baixos teores de matéria orgânica. Além disso, as condições de deficit hídrico podem acentuar a deficiência do nutriente, mesmo em solos com teores adequados do nutriente, uma vez que a movimentação do boro até as raízes e, portanto, a quantidade de boro com possibilidade de ser absorvida, depende do volume de solo explorado pelas raízes e da quantidade de água absorvida pelas plantas.

A partir do diagnóstico da deficiência de boro, pela análise do solo (Tabelas 27 a 29) ou de tecidos vegetais (Tabelas 7 a 9), deve-se realizar uma adubação corretiva, podendo-se utilizar fontes exclusivas do nutriente ou formulações de fertilizantes contendo boro. Contudo, na maioria dos casos, as formulações disponíveis no mercado não apresentam a concentração de B suficiente para a correção da deficiência em uma única aplicação.

Além das recomendações de correção da deficiência de boro contidas na Tabela 30, outra possibilidade é a aplicação simultânea do boro dissolvido na calda de herbicidas dessecantes (Brighenti, et. al. 2006; Castro e Brighenti, 2007). Nessa tecnologia que combina dois objetivos em uma única operação de pulverização, a aplicação de boro em área total é realizada de forma uniforme, sem interferir na eficiência do controle de plantas daninhas pelo glifosato, seja na dessecação em pré-semeadura e/ou em pós-emergência (em cultivares de soja com tecnologia RR/Intacta).

Produtos como o glifosato e o glifosato potássico podem ser aplicados associados com ácido bórico (H_3BO_3) que contém 17% de B ou com o octaborato dissódico ($Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$), com 20,5% de B. Na mistura, as fontes fertilizantes possuem apenas a função de fornecer boro às plantas e, em alguns casos, corrigir a deficiência do nutriente no solo ao longo do tempo.

Tendo em vista a pequena necessidade de B para a soja, ao redor de 82 g/t de grãos (Tabela 6), esta tecnologia possibilita a aplicação das quantidades de boro que atendem as necessidades das plantas. No entanto, deve-se observar a solubilidade das fontes de boro, propriedade que determina as doses máximas a serem aplicadas em função do volume da calda. A solubilidade do ácido bórico em água é 63,5 g/L (Weast; Astle, 1982; Schubert, 2011) e a do octaborato é de 220 g/L (Lopes, 1999), ambas tomadas a 30 °C. A solubilidade do ácido bórico determinada a 25 °C é 55,2 g/L (Castro; Brighenti, 2007), e Scherer et al. (2011) citam que a solubilidade do octaborato em água é de 95,0 g/L.

Em função das diferentes condições de aplicação da mistura, mesmo que a solubilidade do ácido bórico seja maior, deve-se, preferencialmente, aplicar até 4,0 kg/100 L de calda (Castro; Brighenti, 2007), a fim de evitar problemas de solubilização. Com o uso do octaborato, podem ser aplicadas quantidades maiores de B, com baixa probabilidade de problemas de solubilização do produto. No entanto, doses elevadas de alguns produtos contendo octaborato podem elevar o pH da calda, e reduzir a velocidade de controle das plantas daninhas. Na

aplicação em pós-emergência, a dose de boro não deve ultrapassar 400 g de B/ha (Brighenti; Castro, 2008).

Na Tabela 31 são indicadas as doses de ácido bórico e de octaborato de sódio em função das doses de boro (B) e dos volumes de calda de diluição. Entretanto, para a aplicação conjunta de boro e herbicidas, o volume de calda normalmente utilizado, varia de 80 L/ha a 100 L/ha de calda.

Tabela 31. Quantidade de ácido bórico e de octaborato de sódio em função da dose de boro (B) a ser aplicada e do volume de calda de aplicação¹.

Dose de boro (g de B/ha)	Dose de ácido bórico (kg/ha)	Volume de calda (L/ha) ⁽²⁾	Dose de octaborato de sódio (kg/ha)	Volume de calda (L/ha) ⁽²⁾
100	0,59	60	0,49	> 40
150	0,88		0,73	
200	1,18		0,98	
250	1,47		1,22	
300	1,77		1,46	
350	2,06		1,71	
400	2,35		1,95	
450	2,65	80	2,20	> 40
500	2,94		2,44	
550	3,24		2,68	
600	3,53	100	2,93	
650	3,82		3,17	
700	4,12	120	3,42	
750	4,41		3,66	
800	4,71		3,90	

⁽¹⁾ O volume de calda indica as quantidades máximas de boro diluídas com segurança, em função da solubilidade, e não necessariamente a indicação de volume de calda de dessecamento.

⁽²⁾ Dentro de cada grupo, o volume de calda pode ser reduzido para as menores doses de boro. Ver fórmulas abaixo.

Alternativamente pode-se determinar com maior precisão o volume mínimo de calda a ser aplicada, em função da dose de boro (B), ou da fonte fertilizante (ácido bórico ou octaborato de sódio) desejada, conforme as fórmulas abaixo (Tabela 32).

Tabela 32. Cálculo do volume de calda para diluição de ácido bórico ou de octaborato dissódico.

	Ácido bórico	Octaborato
Volume de calda (L)	Dose de B (g) x 0,15	Dose de B (g) x 0,05
	Dose de ácido bórico (kg) x 25	Dose de octaborato (kg) x 11

Apesar de ser recomendada a correção da deficiência de boro no solo, estudos conduzidos com a aplicação do nutriente via solo e via foliar em soja (Castro et al., 2004) e via solo, em vários anos e locais (Oliveira Junior et al., 2018), não resultaram em respostas significativas à adubação em diferentes culturas de grãos.

Cobalto e molibdênio

O cobalto e o molibdênio são nutrientes essenciais para o processo de fixação biológica do nitrogênio. Em função do efeito do pH do solo na disponibilidade dos nutrientes no solo (Figura 1), as maiores possibilidades de resposta ao molibdênio ocorrem em solos ácidos, ao passo que a disponibilidade de cobalto diminui em solos excessivamente corrigidos.

A disponibilidade destes nutrientes no solo não é, rotineiramente, determinada nas análises químicas de solo e de plantas. Assim, por segurança, a cada ciclo de cultivo, recomenda-se a aplicação mínima das quantidades potencialmente exportadas pela cultura da soja.

As indicações técnicas desses nutrientes são para aplicação de 2 g/ha a 3 g/ha de Co e 12 g/ha a 25 g/ha de Mo. Estas doses podem ser aplicadas, com a mesma eficiência, tanto via tratamento de semente ou em pulverização foliar, nos estádios de desenvolvimento V3-V5.

Balanço da adubação como critério de recomendação de adubação - AFÉRE

O Balanço da Adubação consiste no cálculo da diferença entre as quantidades aplicadas e exportadas de nutrientes por uma cultura (Figura 2), e possibilita aferir o resultado desde um talhão, uma propriedade, e até de um Estado ou País, quanto às entradas e saídas de nutrientes.

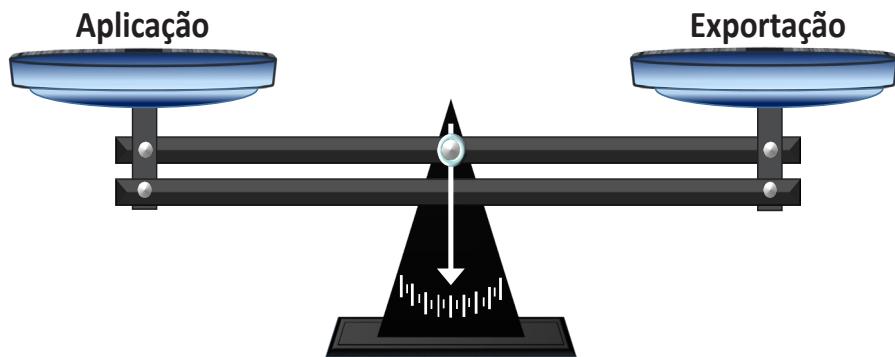
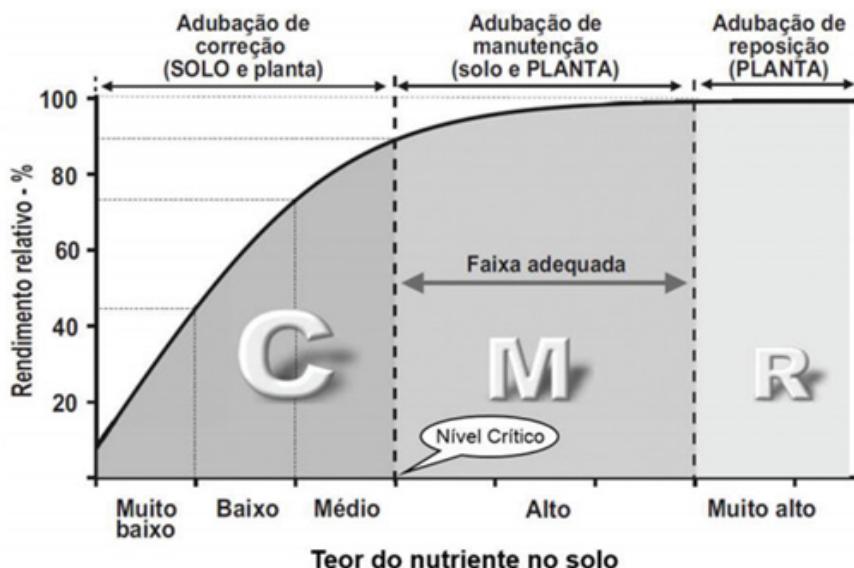


Figura 2. Representação esquemática do balanço da adubação.

Balanços negativos indicam que as quantidades aplicadas foram inferiores às exportadas (entradas < saídas), ao passo que, os balanços positivos, indicam que as entradas foram superiores às saídas (entradas > saídas). Vale ressaltar que balanços negativos levam a diminuição do teor dos nutrientes no solo e a magnitude dessa redução é diretamente proporcional à concentração nos grãos e a produtividade obtida. Nesse sentido, culturas com alto teor de proteína (ex. soja), apresentam maiores concentrações de nutrientes nos grãos, do que culturas que possuem alta concentração de carboidratos (ex. milho e trigo).

Em áreas com teores dos nutrientes interpretados como Bom/Alto ou Muito bom/Muito Alto, o balanço pode ser utilizado, principalmente, como um indicador de ajuste na recomendação de nutrientes visando sua reposição (Figura 3). Nesse sentido, é importante ressaltar que

os materiais genéticos (cultivares/híbridos) que estão sendo disponibilizados aos produtores possuem alto potencial produtivo, o que traz a necessidade de repor as quantidades de nutrientes compatíveis com as produtividades almejadas.



Fonte: Adaptada de CQFS-RS/SC (2004) por Resende et al., (2016).

Figura 3. Classes de interpretação dos teores de nutriente no solo.

Para tanto, foi desenvolvida a plataforma AFERE - Avaliação da Fertilidade do Solo e Recomendação da Adubação, que numa primeira etapa (módulo 1) calcula o balanço da adubação através da correlação entre as produtividades das culturas e os valores exportados de nutrientes, e indica a necessidade de adubação visando, no mínimo, a reposição dos nutrientes retirados do solo e exportados pelos grãos.

Como a soja está inserida em diferentes sistemas de produção, em rotação ou sucessão com milho e trigo, principalmente, o AFERE reúne informação sobre diferentes culturas e calcula o balanço da adubação tanto de culturas, quanto de sistemas de produção. Assim, o AFERE integra as informações e fornece recomendações técnicas ajustadas aos

diversos sistemas de produção, possibilitando evitar manejos de adubação deficientes e que conduzem à fome oculta ou deficiência visual de nutriente e consequente redução da produtividade, bem como, aplicação excessiva de nutrientes, com reflexos nos custos de produção e na rentabilidade agrícola.

Como sustentação técnica, a plataforma AFERE foi parametrizada a partir de informações geradas em projetos de pesquisa da Embrapa, Institutos Estaduais e Fundações de Pesquisa, além de Universidades e grupos de pesquisas/consultorias, o que possibilita a interpretação dos resultados dos novos padrões nutricionais, condizentes com os atuais patamares de produtividade, além de dar robustez aos resultados.

Desta forma, este ajuste possibilitará que os teores dos nutrientes no solo continuem adequados, fazendo com que a fertilidade do solo, considerando principalmente os aspectos químicos, não seja um fator limitante à obtenção de altas produtividades.

O acesso à plataforma está disponível no seguinte endereço:
www.embrapa.br/soja/afere

Considerações finais

Apesar de todos os avanços tecnológicos na agricultura e do elevado custo dos fertilizantes, têm sido comuns os erros na adubação, resultando no aparecimento de sintomas de deficiência ou toxicidade de nutrientes, além de fome oculta e desbalanços nutricionais que afetam negativamente a produtividade.

A adubação deve ser realizada a partir de critérios técnicos que permitem avaliar corretamente a fertilidade do solo e propiciem o uso eficiente dos fertilizantes, o atendimento das necessidades nutricionais das plantas e a máxima eficiência econômica para o produtor. A avaliação da fertilidade do solo baseia-se na identificação de fatores nutricionais que limitam a obtenção de altas produtividades, por meio da análise química de solo, podendo ser complementada pela diagnose foliar.

A análise química de solo, o histórico de manejo da fertilidade do solo e dos cultivos e as metas de produtividade deveriam ser os principais critérios técnicos para a tomada de decisão da adubação. É interessante observar que no Brasil existem redes oficiais de laboratórios credenciados de análises de solo e de tecidos vegetais que atendem as principais regiões agrícolas do País. No entanto, apesar do maior uso da análise de solo, é comum o seu emprego basicamente para efeitos de correção de solo e de adubação com fósforo e potássio, esquecendo-se dos demais nutrientes. Por exemplo, mesmo quando são realizadas análises de macro e micronutrientes no solo, não são criteriosamente observados e interpretados os teores dos demais nutrientes no solo, gerando inadequada solução dos problemas; como se a “lei do mínimo”, de 1840, formulada por Justus von Liebig, não estivesse mais em vigor.

Apesar de poucos agricultores utilizarem a análise de tecido, essa é uma prática eficaz para avaliar o estado nutricional das plantas e para ajustar e aferir a eficiência do manejo das adubações. A interpretação é normalmente realizada por comparação com faixas de teores de nutrientes. Outra possibilidade é a interpretação por meio do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) que visa avaliar o equilíbrio nutricional entre todos os nutrientes, a fim de definir estratégias de adubação mais eficientes, principalmente face aos altos preços dos fertilizantes.

Ainda que as novas tecnologias promovam o aumento da eficiência do uso dos fertilizantes, a carência de um diagnóstico correto, quer seja pelo uso ineficiente das análises de solo, pela quase total falta de adoção da análise de tecido, pela negligência em sua realização e interpretação, ou ainda, pela aplicação incorreta de conceitos de manejo da fertilidade, tem determinado uma maior frequência de desbalanços nutricionais.

Finalmente, as informações contidas no capítulo procuram demonstrar que o manejo correto da adubação é regionalizado e envolve um conjunto de premissas para sua maior eficiência. Outra questão importante é que a eficiência dos fertilizantes e a resposta à adubação da soja são altamente dependentes de fatores do clima, principalmente volume e distribuição das chuvas, e das propriedades físico-químicas e biológicas do solo.

Referências

- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LO-PES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. 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: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. 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: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-64.
- BATAGLIA, O. C.; FERRAREZI, R. S.; FURLANI, P. R.; MEDINA, C. L. **Projeto fósforo no sistema de plantio direto**: relatório final - fósforo. Piracicaba: Fundação Agrisus, 2009. 30 p. (Projeto Agrisus PA-541-09).
- BORKERT, C. M.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. de; SFREDO, G. J.; CASTRO, C. de. Estimativa do nível crítico de cobre para a soja, em solos do Paraná. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional: Fundação Triângulo, 2006. p. 426-427. (Embrapa Soja. Documentos, 272).
- BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de. **Aplicação simultânea de herbicidas dessecantes e boro**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 1 folder.
- BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. Boron foliar application on sunflower (*Helianthus annuus* L.) associated with herbicides. **Helia**, v. 31, n. 48, p. 127-136, Jul. 2008.
- CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M. A Novel phosphogypsum application recommendation method under continuous no-till management in brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 3, p. 1987-1995, 2018.
- CASTRO, C. de; BORKERT, C. M.; OLIVEIRA, F. A. de; SIBALDELLI, R. N. R.; MORAES, J. Z. Resposta da soja à aplicação de boro em latossolo vermelho distrófico. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., 2004, Ribeirão Preto. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional, 2004. p. 94-95. (Embrapa Soja. Documentos, 234).
- CASTRO, C. de; BRIGHENTI, A. M. Compatibility of herbicides with boron fertilizers for weed desiccation and mineral nutrition of sunflower. **Helia**, v. 30, n. 47, p. 1-14, 2007.

DRIS - Diagnóstico nutricional para soja. Londrina: Embrapa Soja, 2003. Disponível em: <www.cnpso.embrapa.br/dris/>. Acesso em: 20 set. 2019.

FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de. Cultivares de soja submetidas à calagem superficial e adubação de sistema com fósforo e potássio na sucessão trigo/soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. **Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja:** anais. Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 845-847.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 185-226.

KURIHARA, C. H.; STAUT, L. A.; MAEDA, S. Faixas de suficiência de nutrientes em folhas de soja, em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, definidas pelo uso do método DRIS de diagnose do estado nutricional. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30., 2008, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Embrapa Soja. Documentos, 304).

LOPES, A. S. **Micronutrientes:** filosofias de aplicação e eficiência agronômica. São Paulo: ANDA, 1999. 70 p. (ANDA. Boletim técnico, 8).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral das plantas.** São Paulo: Agro-nômica Ceres, 1980. 251 p.

MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: SBCS, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

NOVAIS, R.F. Soja. 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: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de. Produtividade da soja em resposta à aplicação de N e K na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.; MERCOSOJA, 2015, Florianópolis. **Tecnologia e mercado global:** perspectivas para soja: anais. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 4 p. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E. Formulações e formas de aplicação de fósforo: resultados sumarizados dos experimentos conduzidos pela Embrapa. **Anuário de Pesquisas COMIGO: agricultura - resultados 2019, v. 2, p. 80-91, 2019.**

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; KLEPKER, D. Produtividade da soja, do trigo e do girassol em resposta à aplicação de boro: resultados sumarizados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8., 2018, Goiânia. **Inovação, tecnologias digitais e sustentabilidade da soja: anais.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 729-731.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; PEREIRA, L. R.; DOMINGOS, C. da S. **Estádios fenológicos e marcha de absorção de nutrientes da soja.** Paiçandu: Fortgreen; Londrina: Embrapa Soja, 2016. 1 cartaz, color., 70 cm x 100 cm.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C. A. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p.8-13. (IAC. Boletim Técnico, 100).

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G. de; Adubação com enxofre. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação,** 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 227-244.

RESENDE, A. V. de; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; FONTOURA, S. M. V.; BORIN, A. L. D. C.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CARVALHO, M. da C. S.; KAPPES, C. Balanço de nutrientes e manejo da adubação em solos de fertilidade construída. In: SEVERIANO, E. da C.; MORAIS, M. F. de; PAULA, A. M. de. **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: SBCS, 2019. v. 10, p. 342-398.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 41., 2016, Passo Fundo. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018.** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo: Apassul, 2016. 127 p.

SCHERER, H. W.; MENGEL, K.; DITTMAR, H.; DRACH, M.; VOSSKAMP, R.; TRENKEL, M. E.; GUTSER, R.; STEFFENS, G.; CZIKKELY, V.; NIEDERMAIER, T.; HÄHNDEL, R.; PRÜN, H.; ULLRICH, K-U.; MÜHLFELD, H.; WERNER, W.; KLUGE, G.; KUHLMANN, F.; STEINHAUSER, H.; BRÄNDLEIN, W.; KUMMER, K-F. Fertilizers. In: **ULLMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry.** 7th. ed. [S. I.]: Wiley InterScience, 2011.

SCHUBERT, D. Boron oxides, boric acid, and borates. In: **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology**. [S. I.]: John Wiley & Sons, 2011. p.1-68. DOI: 10.1002/0471238961.0215181519130920.a01.pub3.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; OLIVEIRA, F. A. de; CASTRO, C. de F. Estimativa do nível crítico de manganês trocável, em solos do Paraná. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional: Fundação Triângulo, 2006. p. 432-433. (Embrapa Soja. Documentos, 272).

SFREDO, G. J.; KLEPKER, D.; ORTIZ, F. R.; OLIVEIRA NETO, W. de. Enxofre: níveis críticos para a soja, nos solos do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Solo:** alicerce dos sistemas de produção. Botucatu: UNESP; SBCS, 2003.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO. A. Correção e acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 81-96.

SOUSA, D. M. G. de; NUNES, R. de. S.; REIN, T. A; SANTOS JÚNIOR, J. de. D. G. S. dos. **Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016. 10 p (Embrapa Cerrados. Circular Técnica 33).

VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de; SILVA, J. E. da. Adubação potássica. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 169-183.

ZANCANARO, L.; ONO, F.B.; KAPPES, C.; SEMLER, T. D.; VALENDORFF, J. D. P.; CORADINI, D.; VIDOTTI, M. V. **Manejo do solo, adubação e nutrição na cultura da soja.** In: KAPPES, C. (Ed.). Boletim de Pesquisa 2019/2020. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 111-136. (Fundação MT. Boletim, 19).

WEAST, R. C.; ASTLE, M. J. **CRC Handbook of Chemistry and Physical:** a ready-reference book oh chemical and physical data. 62th ed. Boca Raton: CRC Press, 1982.

Capítulo 8

Fixação biológica de nitrogênio

Mariangela Hungria, Marco Antonio Nogueira

Introdução

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Para cada 1000 kg de grãos são necessários, aproximadamente, 80 kg de N. Basicamente, as fontes de N disponíveis para as plantas são o N proveniente da mineralização da matéria orgânica do solo, os fertilizantes nitrogenados e a fixação biológica de nitrogênio (FBN).

A FBN é a principal fonte de N para a cultura da soja. Bactérias do gênero *Bradyrhizobium* infectam as raízes da planta via pelos radiculares, formando os nódulos. A FBN pode fornecer todo o N que a soja necessita (Hungria et al., 2007; Hungria; Mendes, 2015; Hungria; Nogueira, 2019).

Qualidade e quantidade dos inoculantes

Os inoculantes turfosos, líquidos ou outras formulações, bem como outras tecnologias de inoculação devem comprovar a eficiência agronômica, segundo protocolos definidos em instruções normativas vigentes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Recomenda-se que os resultados sejam previamente apresentados, discutidos

e aprovados na RELARE (Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão de Tecnologia de Inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola). As inovações baseadas na FBN e as boas práticas de inoculação têm garantido à agricultura brasileira atributos de sustentabilidade ímpares no mundo (Hungria; Mendes, 2015; Hungria; Nogueira, 2019).

A legislação brasileira exige uma concentração mínima de 1×10^9 células viáveis de *Bradyrhizobium* spp. por grama ou mL do inoculante para a soja; além disso, não devem ser encontrados contaminantes na diluição 10^{-5} . A pesquisa recomenda que a dose de inoculante a ser aplicada nas sementes deva fornecer, no mínimo, 1,2 milhões de células viáveis por semente de soja. Além disso, o volume de inoculante líquido aplicado não deve ser inferior a 100 mL, sem qualquer diluição em água, por 50 kg de semente, para garantir distribuição homogênea nas sementes. A base de cálculo para o número de bactérias por semente é a concentração registrada no Mapa que consta na embalagem do inoculante.

Cuidados ao adquirir inoculantes

- adquirir inoculante devidamente registrado no Mapa. O número de registro deverá estar impresso na embalagem;
- não adquirir e não usar inoculante com prazo de validade vencido;
- certificar-se de que o inoculante estava armazenado em condições satisfatórias de temperatura (não superior a 30 °C) e arejamento;
- transportar e conservar o inoculante em lugar fresco e bem arejado;
- certificar-se de que o inoculante contenha as estirpes autorizadas pelo Mapa, podendo ser uma ou mais delas. Essas estirpes são: *Bradyrhizobium* spp. SEMIA 587, SEMIA 5019, SEMIA 5079 e SEMIA 5080;
- em caso de dúvida sobre a qualidade do inoculante, procurar um fiscal do Mapa;
- o processo de fabricação de inoculantes de qualidade exige alto conhecimento tecnológico e controle de qualidade rígido, garantindo a concentração, a pureza e a identidade das estirpes. Portanto, para obter nodulação eficiente e evitar a introdução de patógenos e bactérias não eficientes, não utilizar inoculantes de produção caseira ou *on farm* cuja qualidade de cada lote não seja microbiologicamente comprovada por laboratório qualificado para esse fim.

Cuidados na inoculação

- fazer a inoculação à sombra e manter as sementes inoculadas protegidas do sol e do calor excessivo. Evitar o aquecimento, em demasia, do depósito de sementes na semeadura, pois altas temperaturas reduzem a sobrevivência das bactérias nas sementes;
- fazer a semeadura logo após a inoculação, especialmente se a semente for tratada com outros produtos, por exemplo, agrotóxicos, micronutrientes, reguladores de crescimento, etc. Caso não seja possível semear em até 24 h após a inoculação, repetir o procedimento. Para inoculantes acompanhados ou possuidores de protetores celulares específicos, com registro no Mapa para tal finalidade, que garantam a viabilidade da bactéria nas sementes, seguir a orientação do fabricante;
- para melhor aderência dos inoculantes turfosos, recomenda-se umedecer as sementes com 300 mL/50 kg sementes de solução açucarada a 10% (100 g de açúcar e completar para um litro de água) e, então, aplicar o inoculante, misturando até que haja uma distribuição uniforme nas sementes;
- é imprescindível que a distribuição do inoculante turfoso ou líquido seja uniforme em todas as sementes, para garantir o benefício da FBN em todas as plantas. Não inocular diretamente na caixa da semeadura, pois isso não propicia homogeneidade;
- nunca misturar o inoculante com os produtos químicos usados no tratamento de sementes (o “sopão”). Caso seja necessário o uso desses produtos, primeiro tratar as sementes com os químicos e deixar secar para, em uma segunda operação, inocular as sementes com o inoculante no máximo até 24 h antes da semeadura;
- o volume total de líquidos aportados às sementes, considerando inoculantes e outros produtos utilizados no tratamento das mesmas, não deve ultrapassar 300 mL/50 kg para não comprometer a viabilidade das sementes. No caso de sementes de alta qualidade fisiológica (germinação e, principalmente, vigor), há relatos de utilização de até 550 mL/50 kg, sem prejuízo. Mais detalhes sobre o volume máximo de calda podem ser obtidos no capítulo 13 “Tecnologia de sementes”.

Métodos de inoculação

Os fornecedores devem oferecer inoculantes de boa qualidade e informações técnicas adicionais sobre a inoculação que permitam a melhor

distribuição e maior sobrevivência da bactéria nas sementes, para maximizar a FBN.

Os agricultores devem seguir, rigorosamente, as orientações técnicas indicadas para cada produto e o método de inoculação.

Inoculação nas sementes

Inoculante turfoso - umedecer as sementes com solução açucarada a 10% ou outra substância adesiva, misturando bem. Adicionar o inoculante, homogeneizar e deixar secar à sombra. A distribuição da mistura açucarada/adesiva e do inoculante nas sementes deve ser feita, preferencialmente, em máquinas próprias, tambor giratório ou betoneira.

Inoculante líquido - aplicar o inoculante nas sementes, homogeneizar e deixar secar à sombra.

Inoculação no sulco de semeadura

O método tradicional de inoculação pode ser substituído pela aplicação do inoculante via sulco de semeadura, em solos com ou sem população de *Bradyrhizobium* estabelecida (Campo et al., 2010; Zilli et al., 2010). Caso esse procedimento seja adotado, a dose aplicada de inoculante deve ser equivalente a, no mínimo, 2,5 milhões de células por semente. Em áreas que não são inoculadas há vários anos, particularmente em solos arenosos, ou em áreas novas, deve ser usada, no mínimo, o dobro da dose recomendada. Em geral, o volume de calda usado na inoculação no sulco não deve ser inferior a 50 L/ha, para permitir a boa distribuição das bactérias no solo, salvo em caso de equipamento que garanta a distribuição homogênea com menor volume. A utilização desse método tem a vantagem de reduzir os efeitos tóxicos de produtos químicos utilizados no tratamento de sementes sobre a bactéria (Hungria et al., 2007; Campo et al., 2010).

Inoculação por pulverização na semeadura

Alguns agricultores têm optado pela inoculação por pulverização sobre o solo, logo após a semeadura, com o intuito de evitar o contato das bactérias com agrotóxicos. Contudo, resultados de pesquisa mostram que

essa opção é muito menos eficaz do que a inoculação das sementes, ou no sulco (Zilli et al., 2008; Hungria et al., 2015a). Além disso, a eficácia pode ser ainda menor se a aplicação for feita em condições de baixa umidade do solo e do ar e de alta radiação solar, pois as bactérias são sensíveis à dessecação e aos raios ultravioleta. Caso seja imprescindível fazer esse tipo de aplicação, para corrigir algum erro de inoculação no momento da semeadura, fazer a aplicação no final da tarde, com solo úmido e com alto volume de calda (200 L/ha) direcionada ao solo ou, se possível, irrigar após a aplicação, para garantir que os rizóbios cheguem até os segmentos novos das raízes, suscetíveis à formação de nódulos.

Sementes pré-inoculadas

Tem sido comum a comercialização de sementes de soja pré-inoculadas (inoculação antecipada) com *Bradyrhizobium*. Sementes pré-inoculadas são comercializadas já com a adição do inoculante juntamente com outros produtos empregados no tratamento de sementes. O inoculante para essa finalidade possui protetores celulares ou outro veículo que proporcione maior sobrevivência da bactéria comparada ao inoculante tradicional. O período máximo entre a inoculação até a semeadura deve ser respeitado conforme recomendação do fabricante para garantir a quantidade mínima necessária de bactérias viáveis nas sementes. A pesquisa recomenda que essa quantidade deva ser de, pelo menos, 80 mil a 100 mil células viáveis por semente no momento da semeadura. É importante observar se o inoculante possui registro no Mapa para pré-inoculação, para quantos dias de armazenamento e a compatibilidade com os produtos químicos utilizados no tratamento de sementes. Ainda assim, recomenda-se que as sementes sejam analisadas em laboratório antes da semeadura para avaliar a sobrevivência das bactérias inoculadas nessa condição, pois, consistentemente, tem sido observada redução drástica de células vivas de *Bradyrhizobium* em sementes pré-inoculadas.

Aplicação de agrotóxicos às sementes junto com o inoculante

Dentre os agrotóxicos, os mais estudados até o presente momento são os fungicidas e inseticidas, e a maioria das combinações indicadas para

o tratamento de sementes reduz a nodulação e a FBN (Hungria et al., 2007; Campo et al., 2009b).

A maior frequência de efeitos negativos do tratamento de sementes com agrotóxicos na FBN ocorre em solos de primeiro ano de cultivo com soja, ou solos não cultivados com soja há alguns anos, ou solos arenosos, que apresentam baixa população de *Bradyrhizobium* spp. Também há vários resultados indicando prejuízos à FBN por micronutrientes e outros produtos adicionados às sementes.

Para garantir melhores resultados com a inoculação e o estabelecimento da população das estirpes selecionadas pela pesquisa e utilizadas nos inoculantes, o agricultor deve evitar o tratamento de sementes com agrotóxicos, desde que: as sementes possuam altas qualidade fisiológica e sanitária, estejam livres de fitopatógenos importantes (pragas quarentenárias A2 ou pragas não quarentenárias regulamentadas), definidos e controlados pelo Certificado Fitossanitário de Origem (CFO) ou Certificado Fitossanitário de Origem Consolidado (CFOC), conforme legislação (Instrução Normativa nº 6 de 13 de março de 2000, publicada no D.O.U. no dia 05 de abril de 2000); o solo apresente boa disponibilidade hídrica e temperatura adequada para rápidas germinação e emergência.

Aplicação de micronutrientes

O Co e o Mo são indispensáveis à eficiência da FBN para a maioria dos solos onde a soja vem sendo cultivada no Brasil. As indicações técnicas atuais desses micronutrientes são para aplicação de 2 g/ha a 3 g/ha de Co e 12 g/ha a 25 g de Mo/ha (Sfredo; Oliveira, 2010). A aplicação dever ser feita, preferencialmente, em pulverização foliar, nos estádios de desenvolvimento V3-V5, para evitar o contato com as bactérias nas sementes. A dose para aplicação foliar é a mesma recomendada para o uso em sementes.

Sementes enriquecidas em Mo

Embora não dispense a aplicação do Co e Mo, nas sementes ou via pulverização foliar antes da floração, a utilização de sementes enriquecidas em Mo melhora a eficiência da FBN, aumentando os rendimentos da soja e o teor de proteína nos grãos (Campo et al., 2009a).

Como enriquecer as sementes com Mo: Fazer duas aplicações de 200 g/ha de Mo, de fonte solúvel em água, entre os estádios R3 e R5.4, com intervalo de, no mínimo, 10 dias.

Caso o agricultor opte por utilizar sementes enriquecidas em Mo (teor superior a 10 mg/kg), não há necessidade de aplicar Mo nas sementes, apenas foliar. Nesse caso, a dose de Mo pode ser de 10 g/ha, aplicada nos estádios V5 até R1.

Inoculação em áreas já cultivadas com soja

A compilação de mais de 200 experimentos conduzidos por instituições de pesquisa nas diversas regiões produtoras do Brasil é conclusiva em apontar ganhos médios de 8% ao ano no rendimento de grãos com a inoculação anual, também denominada de reinoculação, em áreas já cultivadas com soja. Por isso, recomenda-se a inoculação em todas as safras, como uma prática de baixo custo, altamente benéfica à cultura da soja (Hungria et al., 2007; Mercante et al., 2011; Hungria; Mendes, 2015).

Inoculação em áreas de primeiro cultivo com soja

Como a soja não é nativa do Brasil e a bactéria, que fixa o nitrogênio atmosférico em simbiose com a cultura não existe naturalmente nos solos brasileiros, é indispensável que se faça a inoculação da soja nessas condições, para que a planta possa obter o N que necessita. Em áreas de primeiro cultivo a dose de inoculante deve ser, no mínimo, duas vezes a recomendada para áreas já cultivadas. A utilização de agrotóxicos, micronutrientes e outros produtos aplicados às sementes deve ser feita de forma compatível com a inoculação, mas pode ser altamente prejudicial em solos de primeiro cultivo, especialmente em solos arenosos. Quanto maior o número de células viáveis nas sementes, melhores serão a nodulação e o rendimento de grãos. Nessas áreas de primeiro cultivo, o tratamento de sementes com outros produtos que não o inoculante deve ser evitado e, quando isso não for possível, deve-se optar pela inoculação no sulco, conforme especificado no item “Inoculação no sulco de semeadura”. Inoculantes turfosos, em geral, fornecem maior proteção às bactérias, em especial em áreas de primeiro cultivo.

Coinoculação com outras bactérias

Outros microrganismos vêm sendo estudados para o uso com a cultura da soja e podem resultar em ganhos de rendimento. Um primeiro registro foi concedido ao uso de *Azospirillum brasiliense*, uma bactéria promotora do crescimento de plantas, para ser inoculada juntamente com *Bradyrhizobium*. Ganhos expressivos de rendimento de grãos da soja (em média 16%) foram obtidos pela coinoculação de *Bradyrhizobium* com *Azospirillum* (Hungria et al., 2013, 2015b; Nogueira et al., 2018). Também se tem observado que a coinoculação resulta em precocidade de nodulação (Chibeba et al., 2015). Contudo, o agricultor deve usar somente inoculantes à base de *Azospirillum* que tenham registro no Mapa para uso na cultura da soja, porque a concentração de células para essa finalidade deve ter a eficiência agronômica comprovada. Ao contrário de *Bradyrhizobium*, que em geral “quanto mais, melhor”, no caso de *Azospirillum*, um potente produtor do fitormônio ácido indol acético, a dose deve ser exatamente a recomendada, caso contrário poderá até haver inibição do crescimento da soja.

Inoculação emergencial em caso de falta de nodulação

Em condições de campo, entre 5 e 8 dias após a emergência, já é possível observar a formação dos primeiros nódulos e, no estádio V1-V2, uma média de 4 a 8 nódulos por planta com 1 mm a 2 mm devem ser visualizados, considerando pontos representativos da lavoura. Caso o número médio de nódulos por planta seja inferior a 10 até o estádio V3-V4, a aplicação complementar de inoculante via pulverização, na dose equivalente a 6 milhões de células por planta (equivalente a 5 a 7 doses de inoculante por hectare, conforme a concentração do produto) e com no mínimo 200 L/ha de calda, pode recuperar parcialmente a nodulação. A aplicação do inoculante deve ser isenta de mistura com outros produtos, com jato dirigido para o solo, com solo úmido e ao final da tarde. Nesse caso, a recuperação da nodulação será apenas parcial, pois somente o contato da bactéria com as sementes no momento da semeadura permite a máxima contribuição da FBN.

Nitrogênio mineral

Resultados obtidos em todas as regiões onde a soja é cultivada no Brasil, em mais de 200 ensaios conduzidos pela pesquisa, mostram que a aplicação de fertilizante nitrogenado reduz a nodulação e não incrementa a produtividade da soja. A aplicação é igualmente ineficaz, para aplicações feitas na semeadura ou em cobertura, em qualquer estádio de desenvolvimento da planta, em sistemas de semeadura direta ou convencional, em cultivares de ciclo curto ou longo, de tipo de crescimento determinado ou indeterminado, transgênica ou não transgênica. Essa conclusão se sustenta em várias doses de fertilizante nitrogenado e em aplicações feitas na semeadura, ou posteriormente, a lanço ou pulverização, durante o florescimento até o início do enchimento de grãos, bem como no pleno enchimento de grãos (Hungria et al., 2006, 2007; Hungria; Mendes, 2015; Kaschuk et al., 2016 ; Hungria; Nogueira, 2019).

É comum o uso de fertilizantes que tragam algum conteúdo de N, como é o caso de formulações contendo fosfato monoamônio (MAP) como fonte de P. Em geral, o uso das formulações mais comuns resulta em um aporte bruto de cerca de 20 kg/ha de N, correspondente a um aporte líquido de 10 kg/ha de N, considerando que a eficiência de utilização dos fertilizantes nitrogenados é raramente superior a 50%. Esse aporte líquido equivaleria a apenas 3,6% dos 280 kg/ha de N necessários para produzir 3500 kg/ha (aproximadamente 80 kg de N para cada 1000 kg de grãos, sem considerar a eficiência de utilização do fertilizante de 50%). Embora insuficiente para o suprimento das plantas durante todo o ciclo, essa quantidade de N pode resultar em inibição da nodulação. Desse modo, o uso de fontes que carreguem N pode ser feito somente se elas forem mais econômicas que as fontes sem N e não devem ultrapassar 20 kg/ha de aporte de N, para não trazer prejuízos à nodulação.

Referências

- CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Molybdenum-enriched soybean seeds enhance N accumulation, seed yield, and seed protein content in Brazil. *Field Crops Research*, v. 110, n. 3, p. 219-224, 2009a.

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, v. 48, n. 1-3, p. 154-163, 2009b.

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; MOSTASSO, F. L.; HUNGRIA, M. In-furrow inoculation of soybeans as alternative for fungicides and micronutrients seed treatment and inoculation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1103-1112, 2010.

CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; ARAUJO, R. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1641-1649, 2015.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja:** componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N. R.; MENDES, I. C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis? In: DE BRUIJN, F. J. (Ed.). **Biological nitrogen fixation**. v.2. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2015. p. 1009-1023

HUNGRIA, M; NOGUEIRA, M. A. Tecnologias de inoculação da cultura da soja: Mitos, verdades e desafios. In: Boletim de Pesquisa 2019/2020. Rondonópolis: Fundação MT, 2019. p. 50-62. (Fundação MT. Boletim, 19).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Alternative methods and time for soybean inoculation to overcome adverse conditions at sowing. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 23, p. 2329-2338, 2015a.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasiliense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 811-817, 2015b.

KASCHUK, G.; NOGUEIRA, M. A.; DE LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Response of determinate and indeterminate soybean cultivars to basal and topdressing N fertilization compared to sole inoculation with *Bradyrhizobium*. **Field Crops Research**, v. 195, p. 21-27, 2016.

MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B. **Estratégias para aumentar a eficiência de inoculantes microbianos na cultura da soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 4 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 169).

NOGUEIRA, M. A.; PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B.; LIMA, D.; CONTE, O.; HARGER, N.; OLIVEIRA, F. T.; HUNGRIA, M. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no estado do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 15 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 143).

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 322).

ZILLI, J. E.; GIANLUSSI, V.; CAMPO, R. J.; ROUWS, R. C.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1875-1881, 2010.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; GIANLUSSI, V.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* através de pulverização em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 541-544, 2008.

Capítulo 9

Manejo integrado de pragas

Samuel Roggia, Adeney de Freitas Bueno, Beatriz Spalding Corrêa-Ferreira, Daniel Ricardo Sosa-Gómez, Clara Beatriz Hoffmann-Campo, Edson Hirose, Décio Luiz Gazzoni, Rafael Major Pitta, Paulo Roberto Valle da Silva Pereira, Charles Martins de Oliveira, Fernando Teixeira de Oliveira

Espécies de pragas que atacam a soja

Diversas pragas podem ocorrer em lavouras de soja ao longo do seu desenvolvimento, atacando diferentes estruturas da planta e reduzindo a produtividade da cultura, o que demanda a utilização de medidas de manejo para evitar tais perdas. Dessas, as lagartas que se alimentam de folhas e os percevejos que sugam as vagens e os grãos constituem os grupos de pragas mais importantes atualmente (Tabela 1) e são consideradas pragas principais (Hoffmann-Campo et al., 2012a). As pragas da soja que apresentam potencial de causar danos à cultura, mas de importância restrita a algumas regiões de produção são classificadas como pragas regionalmente importantes (Tabela 2). As pragas secundárias formam um terceiro grupo composto por espécies que ocorrem em soja, mas que apresentam baixo risco de perdas de produtividade, seu ataque é esporádico, não ocorrendo de forma generalizada ao longo dos anos nas regiões produtoras de soja (Tabela 3). Mudanças nas condições climáticas e no sistema produtivo da soja podem, ao longo dos anos, alterar essa classificação das pragas da cultura.

Tabela 1. Pragas principais da soja e parte da planta que atacam.

Nome comum	Nome científico	Parte da planta atacada ⁽¹⁾
Lagarta-da-soja	<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Fo
Lagarta-falsa-medideira	<i>Chrysodeixis includens</i>	Fo
Percevejo-marrom	<i>Euschistus heros</i>	Gr, Va

⁽¹⁾Fo = folhas; Gr = grãos; Va = vagens.

Tabela 2. Pragas regionalmente importantes da soja e parte da planta que atacam.

Nome comum	Nome científico	Parte da planta atacada ⁽¹⁾
Coró-cyclocephala	<i>Cyclocephala forsteri</i>	Ra
Coró-da-soja	<i>Phyllophaga cuyabana</i>	Ra
Coró-da-soja-do-cerrado	<i>Phyllophaga capillata</i>	Ra
Coró-das-pastagens	<i>Diloboderus abderus</i>	Ra
Coró-do-trigo	<i>Phyllophaga triticophaga</i>	Ra
Coró-liogenys	<i>Liogenys fuscus</i>	Ra
Coró-paranomala	<i>Paranomala testaceipennis</i> , <i>Paranomala</i> spp.	Ra
Coró-plectris	<i>Plectris pexa</i>	Ra
Coró-sulino-da-soja	<i>Demodema brevitarsis</i>	Ra
Lagarta-das-maçãs-do-algodoeiro	<i>Chloridea virescens</i>	Br, Co, Fj, Fl, Fo, Gr, Va
Mosca-branca	<i>Bemisia tabaci</i>	Fo
Percevejo-barriga-verde	<i>Dichelops melacanthus</i> , <i>Dichelops furcatus</i>	Gr, Va
Percevejo-edessa	<i>Edessa meditabunda</i>	Gr, Ha, Va
Percevejos-castanhos-da-raiz	<i>Scaptocoris castanea</i> , <i>Scaptocoris carvalhoi</i> , <i>Scaptocoris buckupi</i>	Ra
Percevejo-verde	<i>Nezara viridula</i>	Gr, Va
Percevejo-verde-pequeno	<i>Piezodorus guildinii</i>	Gr, Va
Tamanduá-da-soja	<i>Sternechus subsignatus</i>	Ha, Pe

⁽¹⁾Br = brotos; Co = cotilédones; Fj = folhas jovens; Fl = flores; Fo = folhas; Gr = grãos; Ha = hastes; Pe = pecíolos; Ra = raízes; Va = vagens. Obs: existem relatos de adultos de corós, como *Phyllophaga cuyabana*, *Phyllophaga capillata* e *Paranomala* spp., atacando as folhas de soja durante o período de revoada.

Tabela 3. Pragas secundárias da soja e parte da planta que atacam.

Nome comum	Nome científico	Parte da planta atacada ⁽¹⁾
Ácaro-branco	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	Br, Fj, Pe, Va
Ácaro-rajado	<i>Tetranychus urticae</i>	Fo
Ácaros-vermelhos	<i>Tetranychus gigas</i> , <i>Tetranychus ludeni</i> , <i>Tetranychus desertorum</i>	Fo
Ácaro-verde	<i>Mononychellus planki</i>	Fo
Bicudinho	<i>Chalcodermus bimaculatus</i> , <i>Chalcodermus</i> sp.	Ha(A), Pe(A)
Bicudo negro	<i>Rhyssomatus subtilis</i>	Br, Gr, Va
Broca-das-axilas	<i>Crocidosema aporema</i>	Br, Fl, Ha, Pe
Broca-das-vagens	<i>Etiella zinckenella</i>	Gr, Va
Broca-do-colo, lagarta-elasma	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Ha
Búfalo-da-soja	<i>Ceresa brunnicornis</i> , <i>Ceresa fasciatithorax</i>	Ha, Pe, Pl
Caracóis	<i>Bulimulus</i> sp.	Br, Co, Fo, Ha, Pl
Cascudinho	<i>Myochrous armatus</i>	Pl(A), Ra(L)
Cochonilhas-das-raízes	<i>Dysmicoccus brevipes</i> , <i>Pseudococcus</i> sp.	Ra
Formigas	<i>Atta</i> spp., <i>Acromyrmex</i> spp.	Br, Co, Fo, Ha
Grilo-marrom	<i>Anurogryllus muticus</i>	Pl, Se
Grilo-preto	<i>Gryllus assimilis</i>	Pl, Se
Lagarta-do-cartucho-do-milho	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Fo, Ha, Pl,
Lagarta-do-linho	<i>Rachiplusia nu</i>	Fo
Lagarta-enroladeira	<i>Omiodes indicata</i>	Fo
Lagarta-helicoverpa	<i>Helicoverpa</i> spp.	Br, Co, Fj, Fl, Fo, Gr, Va
Lagarta-maruca	<i>Maruca vitrata</i>	Gr, Va
Lagarta-rosca	<i>Agrotis epsilon</i> , <i>Agrotis</i> spp.	Ha, Pl
Lagartas-das-vagens	<i>Spodoptera eridania</i> , <i>Spodoptera cosmioides</i> , <i>Spodoptera albula</i>	Fo, Va
Larva-aramé	<i>Conoderus scalaris</i> , <i>C. stigmosus</i> <i>Conoderus</i> spp.	Ra(L), Ra(L), Pl(A)

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Nome comum	Nome científico	Parte da planta atacada ⁽¹⁾
Lesmas	<i>Sarasinula linguaeformis</i> , <i>Derocerus</i> spp., <i>Limax</i> spp., <i>Phyllocaulis</i> spp.	Br, Co, Fo, Ha, Pl, Va
Ligeirinho, falsa-larva-arame	<i>Blapstinus</i> sp.	Pl, Ha, Ra, Se
Mosca-da-haste-da-soja	<i>Melanagromyza</i> spp., <i>Ophiomyia</i> spp.	Ha, Pe
Naupactus	<i>Naupactus leucoloma</i> , <i>Naupactus cervinus</i> , <i>Naupactus purpureoviolaceus</i> , <i>Naupactus peregrinus</i> , <i>Naupactus ambiguus</i> , <i>Naupactus</i> spp.	Fo(A), Ra(L)
Pantomorus	<i>Pantomorus viridisquamosus</i> , <i>Pantomorus</i> spp.	Fo(A), Ra(L)
Paquinhas	Orthoptera: Gryllotalpidae	Pl, Ra, Se
Percevejo-acrosterno	<i>Chinavia</i> spp.	Gr, Va
Percevejo-faixa-vermelha	<i>Thyanta perditor</i>	Gr, Va
Percevejo-formigão	<i>Neomegalotomus parvus</i>	Gr, Va
Piolhos-de-cobra	<i>Plusioporus setifer</i> , <i>Julus</i> sp.	Co, Fo, Pl, Se
Torrãozinho	<i>Aracanthus mourei</i>	Co(A), Fo(A), Pe(A)
Tripes	<i>Caliothrips brasiliensis</i> , <i>Caliothrips</i> spp., <i>Frankliniella schultzei</i> , <i>Frankliniella</i> spp., <i>Thrips</i> spp.	Fo
Vaquinha	<i>Colaspis</i> sp.	Fo(A), No(L), Ra(L)
Vaquinha	<i>Megascelis</i> sp.	Fo(A)
Vaquinha	<i>Cerotoma arcuata</i>	Fo(A), No(L), Ra(L)
Vaquinha azul	<i>Diphaulaca viridipennis</i>	Fo(A)
Vaquinha, patriota	<i>Diabrotica speciosa</i>	Fo(A), Ra(L)

⁽¹⁾Br = brotos; Co = cotilédones; Fj = folhas jovens; Fl = flores; Fo = folhas; Gr = grãos; Ha = hastes; No = nódulos; Pe = pecíolos; Pl = plântulas; Ra = raízes; Se = sementes; Va = vagens; (A) = fase adulta, (L) = fase de larva.

Amostragem e monitoramento da lavoura

O controle das pragas da soja deve ser realizado com base nos princípios do “Manejo Integrado de Pragas”, que consiste na tomada de decisão de controle com base na densidade de pragas, sua idade, e a intensidade do seu ataque e na fase de desenvolvimento da soja, informações essas obtidas em inspeções (amostragens) regulares na lavoura com esse fim (Corrêa-Ferreira, 2012).

Essas amostragens devem ser realizadas desde antes da semeadura e com frequência mínima de uma amostragem/semana até o final do ciclo da cultura, sendo indicado realizar amostragens mais frequentes quando a densidade da praga se aproxima do nível de ação, que é o momento em que medidas de controle devem ser aplicadas.

No caso das lagartas desfolhadoras, percevejos e vaquinhas, as amostragens devem ser realizadas com o auxílio de um pano de batida, de cor clara que facilite a visualização das pragas, preso em duas varas laterais. O pano deve ter 1,0 m de comprimento (que corresponde à área amostrada), o qual deve ser usado em apenas uma fileira de soja. A largura do pano pode ser variável dependendo da altura da planta (em geral, recomenda-se entre 1,40 a 1,50 m de largura). As plantas devem ser sacudidas vigorosamente sobre o mesmo, promovendo a queda dos insetos para serem contados e anotados. Esse procedimento deve ser repetido em vários pontos do talhão, considerando-se, como resultado, a média de todos os pontos amostrados. Adicionalmente, em cada ponto, deve-se avaliar visualmente o percentual de desfolha das plantas (Corrêa-Ferreira, 2012).

Especificamente para os percevejos, segundo Corrêa-Ferreira (2012) as amostragens devem seguir as seguintes indicações:

- amostrar nos períodos mais frescos do dia, quando os percevejos se movimentam menos;
- amostrar com maior intensidade nas bordas da lavoura, onde, em geral, os percevejos iniciam seu ataque;
- amostrar pelo menos uma vez por semana, e realizar amostragens mais frequentes quando a densidade da praga se aproxima do nível de ação;

- para fins de tomada de decisão sobre a necessidade de controle devem ser quantificadas as ninhas grandes (maiores que 0,3 cm) somadas aos adultos das diferentes espécies de percevejos-praga.

Para percevejos e lagartas o uso do pano-de-batida é fundamental para estimar corretamente a densidade da praga na lavoura, pois a simples observação visual da lavoura não expressa a população real da praga. Cabe ressaltar que percevejos devem ser controlados apenas a partir do estádio fenológico R3, apesar de seu monitoramento poder ocorrer durante todo o ciclo da cultura, até porque se outras estratégias de manejo além do químico for considerada, essa informação pode vir a ser importante. Para liberação do parasitoide de ovos *Telenomus podisi*, por exemplo, é importante saber o início da infestação dos adultos, independentemente do estádio de desenvolvimento fenológico da lavoura.

A lagarta-helicoverpa pode ser amostrada pelo método do pano de batida, seguindo os mesmos procedimentos adotados para as demais espécies de lagartas. Porém para essa espécie é necessário, adicionalmente, vistoriar os ponteiros, flores e vagens das plantas, somando-se as lagartas aí encontradas às que caíram no pano de batida. Os adultos (maringas) da lagarta-helicoverpa e de outras espécies de Heliotinae podem ser amostrados com armadilhas de feromônio. Outras espécies, como a lagarta-falsa-medideira e adultos do percevejo-marrom, também podem ser amostrados por armadilhas de feromônio. Porém ainda não está estabelecido um nível de ação em soja baseado apenas na armadilha para os adultos dessas pragas, pois a detecção de adultos nas armadilhas de feromônio não significa que obrigatoriamente haverá infestação representativa da praga na lavoura. Além disso, o tempo residual dos inseticidas, destinados ao controle dessas pragas, é baixo, de modo que aplicações preventivas não são eficazes. Portanto, desaconselha-se realizar a aplicação de inseticidas para o controle dessas pragas baseando-se apenas na captura de insetos adultos pela armadilha de feromônio. Os insetos coletados na armadilha ainda não apresentaram correlação com a infestação no campo. Porém, as armadilhas de feromônio podem auxiliar no monitoramento, indicando quando a praga está presente na região, momento em que a amostragem com pano de batida e vistoria

da planta devem ser realizadas com maiores frequência e atenção para determinar se há necessidade de controle.

Para mosca-branca, o monitoramento deve ser concentrado nas bordas-duras da lavoura, com amostras em grade com distância entre pontos de 40 m a 60 m. Na amostragem no interior do talhão, pode-se utilizar distância maior entre pontos. A amostragem consiste em colher três a quatro folíolos no terço médio das plantas em cada ponto amostral e com o auxílio de uma lupa, contar as ninfas de mosca-branca em uma área mínima de 1 cm² por folíolo. Infestações abaixo de 2 ninfas/cm² não promovem o desenvolvimento de fumagina nas folhas, que é o principal fator de redução da área fotossintética.

Para corós, é indicado realizar a amostragem previamente à semeadura, a fim de determinar a necessidade do uso de inseticidas em tratamento de sementes ou no sulco de semeadura e orientar a escolha do produto mais adequado. Para esse grupo de pragas a amostragem é realizada escavando-se o solo em uma área de 50 cm x 25 cm, com profundidade de pelo menos 30 cm (Oliveira et al., 2012). Amostrar de forma representativa ao longo de toda a lavoura. Esse procedimento de amostragem é útil, também, para detecção de outras pragas de solo como percevejos-castanhos-da-raiz e larvas de curculionídeos. No caso específico dos percevejos-castanhos-da-raiz, as amostragens realizadas no inverno, quando a umidade do solo é baixa, precisam ser aprofundadas até 60 cm, pois nessa época os insetos estão concentrados em profundidades maiores (Oliveira et al., 2012). Sendo indicado, no caso dessa praga, realizar amostragem após o início das chuvas, quando a umidade do solo é maior e os percevejos-castanhos-da-raiz estão concentrados mais próximos à superfície do solo.

Para lesmas, caracóis e piolho-de-cobra é indicado realizar a amostragem previamente à semeadura da soja, vistoriando a palhada, locais de abrigo na superfície do solo e plantas espontâneas. Essa amostragem deve ser realizada de forma representativa, em diversos pontos da lavoura. É importante anotar e manter o registro dos locais infestados para verificar se os ataques ocorrem nos mesmos locais ao longo dos

anos, pois tais pragas estão habitualmente associadas a solo mais úmido, com maior presença de restos vegetais (Hoffmann-Campo et al., 2012b), condições que podem variar no interior da lavoura e podem ter influência das bordas. Apesar de não haver um nível de ação baseado na amostragem prévia, conhecer a densidade populacional dessas pragas e a sua distribuição na lavoura é importante para orientar o agricultor sobre a necessidade de adoção de alguma medida de manejo como o tratamento de sementes, uso de armadilhas ou iscas, visando o controle localizado. Em casos de elevada infestação, com pouca ou nenhuma possibilidade de controle, a opção, no futuro, é utilizar outra cultura que não seja suscetível ao ataque dessas pragas.

Os ácaros podem ser amostrados examinando-se plantas em diversos pontos na lavoura. Para reconhecimento do ataque de ácaros leva-se em conta algumas características típicas do seu ataque e, em seguida, confirma-se a presença dos ácaros por meio de uma análise mais detalhada das folhas com auxílio de uma lupa com aumento de 10x ou mais (Moscardi et al., 2012). O ácaro-rajado ocorre, comumente, em pequenas reboleiras na lavoura e seu ataque costuma ser mais intenso do que o do ácaro-verde. Nas folhas, observam-se colônias densas, com presença de teia em grande quantidade, enquanto que o ácaro-verde produz pouca teia. As colônias do ácaro-rajado ocorrem, principalmente, na face inferior das folhas. Na face superior das folhas atacadas, são observadas, inicialmente, pequenas regiões cloróticas, que aumentam de tamanho e tornam-se amareladas e, posteriormente, bronzeadas. Por outro lado, o ácaro-verde ocorre bem distribuído na lavoura, e os sintomas de seu ataque são pontuações claras que deixam a folha com coloração acinzentada quando intensamente atacada. Os ácaros vermelhos apresentam importância secundária e os sintomas de ataque desses são similares aos do ácaro-rajado. O ácaro-branco apresenta características bem distintas dos demais: é menor, de coloração branco-leitosa, não produz teia, ataca principalmente brotos e folhas novas e seu ataque causa deformidade nas folhas, nos pecíolos e nas vagens que apresentam coloração marrom. Ao contrário dos demais ácaros da soja o ácaro-branco se desenvolve melhor em períodos chuvosos e ataca quase que exclusivamente brotos, folhas, haste e vagens quando ainda tenros, em fase inicial de

formação dos tecidos. As demais espécies atacam principalmente as folhas da soja e ocorrem com maior intensidade a partir do florescimento das plantas (Moscardi et al., 2012). É importante anotar e manter o registro dos locais infestados, para verificar se os ataques ocorrem nos mesmos locais ao longo dos anos, pois na extensão da lavoura e de sua borda pode haver variabilidade na ocorrência de plantas hospedeiras ou de exposição da lavoura à infestação inicial da praga.

Níveis de ação e tomada de decisão

A planta de soja apresenta tolerância ao ataque de pragas, até determinado nível, sem perdas de produtividade. Essa tolerância varia de acordo com a intensidade de ataque da praga, estrutura da planta atacada, estádio de desenvolvimento da planta e condições ambientais (clima, solo, etc.) (Gullan; Cranston, 2014). Com base nisso foram definidos os níveis de ação das principais pragas da soja (Tabela 4). Esses níveis indicam a densidade populacional ou o nível de ataque a partir do qual pode haver perdas de produtividade, assim somente quando esse nível for alcançado ou ultrapassado é necessário realizar o controle da praga. Os níveis de ação têm sido revisados e atualizados periodicamente. Recentemente os níveis de ação de percevejos e lagartas foram revalidados para cultivares de ciclo curto, de tipo de crescimento indeterminado e com menores índices de área foliar.

Os níveis de ação constituem-se em uma referência técnica para orientar o profissional da assistência técnica e o agricultor sobre o momento mais adequado para a realização do controle de pragas. Porém na rotina de uma propriedade produtora de soja outros fatores também precisam ser levados em consideração para a tomada de decisão (decisão operacional), como: o tamanho da área a ser tratada, a disponibilidade de equipamentos de pulverização, as condições do solo para o tráfego de máquinas, as outras operações e tarefas da atividade rural, a eficiência dos métodos de controle disponíveis, o nível de sanidade e a nutrição das plantas, o adequado estabelecimento da lavoura, a fase de desenvolvimento das plantas, os riscos climáticos que possam afetar os procedimentos de pulverização. Em áreas extensas o registro individual de cada talhão auxilia o agricultor na tomada de decisão, possibilitando que

ele priorize a realização do controle nas áreas com maior nível populacional da praga ou nas áreas em que houver maior risco operacional. Por isso, o profissional da assistência técnica e o agricultor devem analisar cuidadosamente esse conjunto de fatores, realizando amostragem de pragas e seguindo a orientação sobre os níveis de ação.

É preciso considerar que a densidade populacional de pragas não cresce indefinidamente. Eventos climáticos e a ação de agentes de controle biológico podem reduzir a densidade populacional de pragas evitando que essas atinjam o nível de ação (Conte et al., 2015). Assim, mesmo que a praga tenha sido detectada na lavoura, se ela estiver em baixa densidade populacional, abaixo do nível de ação, não é indicado realizar aplicação preventiva com inseticidas.

Tabela 4. Níveis de ação para as principais pragas da soja.

Praga	Fases de desenvolvimento da soja			Observações
	Fase vegetativa	Floração	Formação de vagens e enchi- mento de grãos	
Lagarta-da-soja Lagarta-falsa- medideira	20 lagartas/m linear ou 30% de desfolha	20 lagartas/m linear ou 15% de desfolha		
Lagartas spodoptera	10 lagartas/m linear ou 30% de desfolha	10 lagartas/m linear ou 15% de desfolha		
Lagarta- helicoverpa, lagarta-da- espiga-do-milho, lagarta-das- maçãs-do- algodoeiro	4 lagartas/m linear ou 30% de desfolha	2 lagartas/m linear ou 15% de desfolha		Considerar lagartas a partir de 1,5 cm (lagartas grandes) para o controle com inseticidas de ação rápida e lagartas menores de 1,5 cm para inseticidas biológicos. Para lagarta-helicoverpa e demais Heliothisae, vistoriar os ponteiros, flores e vagens em 1 m de linha, adicionalmente ao pano de batida.

Continua...

Tabela 4. Continuação.

Praga	Fases de desenvolvimento da soja			Observações
	Fase vegetativa	Floração	Formação de vagens e enchi- mento de grãos	
Percevejos: em lavouras de grãos	A ocorrência de percevejos antes do surgimento das vagens não causa perdas de produtividade		2 percevejos/m	Considerar a soma de ninfas maiores de 0,3 cm com percevejos adultos.
Percevejos: em lavouras de sementes			1 percevejo/m	
Tamanduá-da-soja	Até V3: 1 adulto/m linear. De V4 a V6: 2 adultos/m linear	O ataque ocorrido após o estádio V6 não causa perdas de produtividade		Amostrar mais atentamente onde a praga já tenha ocorrido em anos anteriores e seu entorno.
Broca-das-axilas	A partir de 25% - 30% de plantas com ponteiros atacados			Na área da lavoura, amostrar pontos de 1 m linear contando as plantas com e sem ataque.

Nota - Nas amostragens usando o pano de batida, deve-se bater apenas uma fileira de soja (1 m linear) sobre o pano. O nível de ação é baseado na média de várias amostragens realizadas de forma representativa na extensão da lavoura.

Fonte: Bueno et al. (2011), Hoffmann-Campo et al. (2012a); Bueno et al. (2013); Tecnologias... (2013).

O desuso dos níveis de ação induz a calendarização das pulverizações de inseticidas, os quais são utilizados, habitualmente, em associação com as aplicações de herbicidas e/ou fungicidas (“aproveitamento de operações”), frequentemente utilizando inseticidas de amplo espectro. Tais procedimentos têm levado ao aumento do uso de inseticidas e consequentemente ao maior desequilíbrio biológico nas lavouras e, por consequência, ao aumento populacional das pragas principais, que têm ocorrido em níveis cada vez mais elevados, enquanto as pragas secundárias têm aumentado sua intensidade de ataque, demandando a utili-

zação de pulverizações específicas para o seu manejo. Isso se deve em grande parte à redução populacional dos agentes de controle biológico, provocada pelos inseticidas não seletivos (Corrêa-Ferreira et al., 2010).

Além disso, o uso excessivo de inseticidas tem proporcionado a evolução da resistência de pragas aos produtos utilizados, a qual tem sido constatada principalmente para percevejos (Sosa-Gómez et al., 2009; Husch; Sosa-Gómez, 2013), em diversas regiões produtoras de soja do Brasil, penalizando também os agricultores que utilizam esses inseticidas de forma mais racional. Além desses problemas existe também o risco de contaminação humana, ambiental e dos alimentos e aumento dos custos de produção da lavoura. Há necessidade, portanto, que as práticas recomendadas pelo manejo integrado de pragas sejam efetivamente adotadas pelos produtores de soja.

Níveis de ação para o controle biológico de lagartas

Para utilização do baculovírus (AgMNPV) para o controle da lagarta-dasoja o nível de ação é de 20 lagartas pequenas/m linear ou 15 lagartas pequenas e 5 lagartas grandes/m linear. Consideram-se lagartas pequenas aquelas menores que 1,5 cm de comprimento, também conhecidas, em algumas regiões, como lagartas no fio. Em condição de estiagem e com plantas ainda pequenas, menores de 50 cm de altura, reduzir o nível de ação pela metade (Moscardi, 2007; Bueno et al., 2012). Para o controle de lagartas *Heliothisinae* (*Helicoverpa* spp. e *Chloridea virescens*), os inseticidas biológicos e os inseticidas reguladores de crescimento de insetos, que têm ação mais lenta, devem ser usados apenas quando a população de lagartas for composta predominantemente por lagartas pequenas e quando a taxa de desfolha ainda não tenha atingido 30% antes da floração ou 15% a partir do florescimento (Bueno et al., 2012).

Medidas de controle

O controle das pragas da soja deve ser realizado utilizando-se produtos e doses registrados nos órgãos competentes, para essa cultura e finalidade. Na escolha do produto a ser usado levar em consideração a eficiência, a toxicidade, a seletividade a agentes de controle biológico

e o custo do controle por hectare. Durante o preparo e a aplicação dos produtos deve-se utilizar equipamentos de proteção individual (EPI) e dar o destino correto às embalagens, conforme legislação vigente. Sempre que possível, o controle químico ou biológico deve ser integrado a outras práticas de manejo, dentro de um programa de manejo integrado de pragas.

A soja *Bt* e o uso de refúgio: A soja *Bt* foi liberada comercialmente no Brasil na safra 2013/2014, com a marca comercial INTACTA RR2 PRO™. Essa contém o gene cry1Ac, originário da bactéria *Bacillus thuringiensis*, o qual possibilita a planta de soja produzir a proteína inseticida Cry1Ac que controla as principais espécies de lagartas da cultura: lagarta-da-soja, lagarta-falsa-medideira, lagarta-das-maçãs do algodoeiro, broca-das-axilas, lagarta-elasma e com menor eficiência a lagarta-helicoverpa (Roggia et al., 2016). No entanto, pragas como os percevejos, mosca-branca, ácaros, coleópteros desfolhadores, pragas de raízes e lagartas do gênero *Spodoptera* não são controlados por essa soja *Bt*. Assim, os agricultores que utilizam a soja *Bt* devem manter o monitoramento periódico da sua lavoura, a fim de manejar adequadamente as pragas não controladas por essa biotecnologia, bem como, monitorar o possível surgimento de lagartas-alvo resistentes. Mesmo a soja *Bt* de segunda geração, que deve estar em breve no mercado, não irá ter controle pleno das lagartas do gênero *Spodoptera* apesar de melhorar o controle sobre essa praga quando comparado à soja *Bt* de primeira geração hoje existente. Sendo assim, para evitar a seleção de populações de lagartas-alvo resistentes à soja *Bt*, deve ser utilizada uma área de refúgio de no mínimo 20% da área cultivada com soja não-*Bt*, posicionada próxima à área com soja *Bt* de modo que nenhuma planta *Bt* fique distante mais do que 800 metros de uma planta não-*Bt*. A posição e o formato da área de refúgio devem ser definidos de acordo as características da propriedade de modo a facilitar a semeadura e o manejo fitossanitário da lavoura. A área de refúgio deve ter largura de, no mínimo, 40 linhas de soja. Para compor o refúgio devem ser escolhidas cultivares de soja com ciclo próximo ao da soja *Bt*, semeando ambas na mesma época (Roggia et al., 2016). O agricultor também deverá realizar

o monitoramento e o controle de lagartas e outras pragas na área de refúgio (soja não-*Bt*), evitando, nesse caso, o uso de inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis*. É importante destacar que, pode haver necessidade de controle de pragas apenas no refúgio e não na soja *Bt*, e vice-versa, por esse motivo o agricultor deverá realizar o monitoramento separadamente em cada uma das áreas (Roggia et al., 2016). Atualmente, as lagartas do gênero *Spodoptera* (*S. eridania*, *S. cosmiodes*, *S. frugiperda* e *S. albula*), que não são controladas pela soja *Bt*, são consideradas pragas secundárias na cultura. Porém existe a possibilidade de que, com o passar do tempo e com o aumento da área cultivada com soja *Bt*, tais lagartas possam ganhar importância na cultura. Por outro lado, a soja *Bt* possibilita a redução do uso de inseticidas (Conte et al., 2015) e contribui para a preservação de agentes de controle biológico, os quais podem reduzir a intensidade de ataque de lagartas do gênero *Spodoptera* em soja. Assim, para o correto manejo dessas lagartas é indicado o monitoramento constante da lavoura e o uso racional de inseticidas e outros agrotóxicos no manejo fitossanitário da soja, a fim de preservar os agentes de controle biológico.

Utilização de baculovírus: o baculovírus é um inseticida biológico que, se bem utilizado, pode proporcionar bons resultados de controle de lagartas com a vantagem de ser seletivo aos demais agentes de controle biológico (Bueno et al., 2012). Existem produtos no mercado a base de baculovírus para o controle de lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) e lagartas heliothinae (*Helicoverpa* spp. e *Chloridea virescens*). É importante destacar que o baculovírus da lagarta-da-soja (AgMNPV) controla apenas essa espécie e não provoca mortalidade de outras lagartas, enquanto os baculovírus das heliothinae (HearSNPV e HzSNPV) controlam tanto *Helicoverpa* spp. quanto *Chloridea virescens*. Além dos produtos disponíveis no mercado existe a possibilidade de obtenção de baculovírus caseiro. O agricultor que desejar obter o baculovírus caseiro deve procurar orientação de um especialista. A utilização de formulações comerciais dos baculovírus oferece maior praticidade, com o cuidado de que formulações em pó precisam ser diluídas previamente, antes de se adicionar o produto no tanque do pulverizador. Como o baculovírus age

apenas por ingestão da lagarta, a tecnologia de aplicação deve proporcionar boa cobertura das plantas de soja para garantir sua eficiência. É importante destacar que as lagartas começam a morrer somente a partir do 4º dia após a pulverização, com pico de mortalidade por volta de 7 a 10 dias, então em casos de ataques severos ocorrendo no início do desenvolvimento da cultura (plantas até o estádio V4 - três folhas trifolioladas) e em período de seca, o seu controle deverá ser realizado juntamente com outros produtos registrados para essa praga em soja (Bueno et al., 2012). Nessas condições, há necessidade de controle rápido das lagartas, caso contrário pode ocorrer desfolha superior ao nível de ação que poderá prejudicar o desenvolvimento das plantas. É desaconselhado utilizar apenas o baculovírus quando a desfolha atingir 20% na fase vegetativa (antes da floração) ou 10% na fase reprodutiva. Também é indicado evitar o uso isolado de baculovírus quando a densidade populacional de lagarta-da-soja ultrapassar 20 lagartas pequenas por metro linear, ou 15 lagartas pequenas + 5 lagartas grandes por metro linear (Bueno et al., 2012).

Lagarta-falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*): O agricultor tem encontrado maior dificuldade de controle dessa espécie em relação à lagarta-da-soja. É importante destacar que nem sempre o inseticida mais eficiente para a lagarta-da-soja será o melhor produto para o controle da lagarta-falsa-medideira e vice-versa. Mesmos em casos que seja o mesmo produto, a dose provavelmente será diferente. Sendo assim, merece atenção especial a identificação das espécies de lagarta e a indicação do produto mais adequado e sua referida dose pelo profissional da assistência técnica. Em geral, a lagarta-falsa-medideira é mais tolerante aos inseticidas quando comparada com a lagarta-da-soja, demandando doses mais elevadas. A maior dificuldade de controle da lagarta-falsa-medideira está relacionada, em parte, ao fato dela ocorrer em maior densidade nas folhas da parte inferior da planta, ficando menos exposta aos inseticidas aplicados para o seu controle. Isso é agravado pelo fato de que os ataques mais severos têm ocorrido durante a fase reprodutiva, quando o dossel da lavoura já está fechado (Wisch, 2011; Conte et al., 2015) podendo ocorrer o chamado “efeito guarda-chuva” que consiste

das folhas do ponteiro reduzirem o molhamento das folhas do baixeiro, funcionamento semelhante a um guarda-chuva. Por isso, assim como outras pragas e doenças do período reprodutivo, é ainda mais importante no controle de *C. includens* uma boa regulagem e escolha da tecnologia de aplicação a ser utilizada. A escolha de bicos, volume e pressão de pulverização que auxiliem no melhor molhamento da região do baixeiro das plantas irá auxiliar no melhor controle da praga.

Lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*): Para o controle dessa espécie, dar preferência, sempre que possível, à utilização de inseticidas biológicos como formulações comerciais de baculovírus ou *Bacillus thuringiensis*. Nos casos em que não for possível utilizar produtos biológicos, é indicado utilizar preferencialmente inseticidas químicos reguladores de crescimento ou dos grupos químicos das diamidas ou espinosinas, por serem produtos mais seletivos. No caso da ocorrência de mais de uma espécie de lagarta na lavoura, selecionar o produto mais adequado para a espécie predominante.

Lagartas Heliothinae (*Helicoverpa* spp. e *Chloridea virescens*): Desse grupo de pragas, a espécie *Helicoverpa armigera* foi detectada no Brasil em 2013, atacando várias culturas. Em soja, de um modo geral, têm apresentado baixa densidade populacional, em razão provavelmente de fatores de mortalidade natural e ação de diversos agentes de controle biológico como predadores, parasitoides, patógenos e nematoides que atacam esses insetos (Corrêa-Ferreira et al., 2014). Porém por causa do potencial destrutivo essa praga merece atenção constante quanto ao seu monitoramento na lavoura de soja. Existem atualmente produtos eficientes, autorizados pelo Mapa para seu controle em soja, incluindo inseticidas biológicos (baculovírus e *Bacillus thuringiensis*) e inseticidas químicos pertencentes a diversos grupos químicos. Na escolha do produto, preferir os inseticidas biológicos ou os do grupo químico das diamidas, espinosinas ou o regulador de crescimento metoxifenoziда (acelerador de ecdisie), que apresentam controle satisfatório e são seletivos a agentes de controle biológico. Os inseticidas flubendiamida, clorantraniliprole, espinosade, clorfenapir, indoxacarbe, metoxifenoziда,

baculovírus (HzSNPV) e *Bt* (var. kurstaki HD-1), aplicados nas doses autorizadas pelo Mapa para a soja, apresentam desempenho satisfatório para o controle de *H. armigera* nessa cultura (Kuss, 2015). É indicado realizar a rotação de inseticidas de diferentes mecanismos de ação para se evitar que, ao longo do tempo, populações resistentes dessa praga sejam selecionadas.

Percevejos (Hemiptera: Pentatomidae): Em razão da ocorrência de populações de percevejos resistentes a inseticidas, o controle dessa praga merece maior atenção na escolha dos produtos e no momento mais adequado para sua utilização. O uso racional de inseticidas, visado menor exposição dos percevejos aos produtos, é uma das principais estratégias para evitar que a praga se torne cada vez mais resistente (Sosa-Gómez; Roggia, 2012). Para tal, é indicado evitar aplicações de inseticidas preventivas para percevejos, realizadas antes do surgimento das vagens ou abaixo do nível de ação (Panizzi et al., 2012). O uso racional de inseticidas, desde a fase inicial de estabelecimento da lavoura, também apresenta como vantagem a preservação de agentes de controle biológico que contribuem para a redução da intensidade de ataque de percevejos e consequentemente na necessidade de uso de inseticidas para seu manejo. É indicado, também, que os produtos destinados ao controle de percevejos não sejam utilizados para o controle de outras pragas no período vegetativo da soja, de modo a reservar o uso desses produtos apenas para percevejos (Sosa-Gómez; Roggia, 2012). Como para outras pragas a diversidade de produtos registrados é maior, há mais opções de produtos eficientes do que para percevejos. Sempre que possível deve-se evitar que inseticidas com o mesmo modo de ação sejam utilizados de forma repetida e continuada, na mesma lavoura. Em certas situações, o controle químico pode ser realizado de forma localizada na lavoura, apenas nas bordas da lavoura, sem necessidade de aplicação de inseticida na totalidade da área (Sosa-Gómez; Roggia, 2012). A utilização de sal de cozinha (cloreto de sódio) pode contribuir para melhorar a eficiência de alguns inseticidas no controle de percevejos por causa da sua ação arrestante, que contribui para aumentar a exposição dos percevejos aos produtos. O uso do sal, nas condições atuais, não possibilita

a redução de dose recomendada do inseticida. É indicado usar o sal na dose de 500 g/100 litros de calda. Para sua utilização, o primeiro passo é fazer uma salmoura em um recipiente, em seguida misturá-la à água do pulverizador que, por último, vai receber o inseticida (Panizzi et al., 2012). A eficiência de controle de percevejos da soja também pode ser melhorada pela utilização de tecnologia de aplicação que proporcione melhor deposição do produto nas folhas da parte inferior da planta. A sucessão soja-milho tem sido amplamente utilizada em diversas regiões do Brasil. Considerando que o percevejo-barriga-verde e o percevejo-marrom são pragas comuns para ambas as culturas, o correto manejo de percevejos em soja pode trazer benefícios para menor intensidade de ataque em milho cultivado em sucessão. Também, o uso racional de inseticidas e o manejo da resistência da praga a inseticidas precisam ser praticados em ambas as culturas, pois elas compartilham as mesmas espécies de percevejo e utilizam os mesmos inseticidas para o seu manejo.

Mosca-branca (*Bemisia tabaci*): A mosca-branca quando em alta infestação propicia um depósito de excrementos sobre as folhas inferiores. Esse excremento é rico em açúcares que quando expostos ao sol e à alta temperatura favorecem o crescimento do fungo *Capnodium* sp. conhecido como fumagina. As perdas de rendimento em soja pelo ataque da mosca-branca estão justamente relacionadas com a abundante formação de fumagina sobre as folhas da planta. O excesso de fumagina aumenta o teor de etileno na folha, induzindo senescênciia foliar precoce. Essa queda foliar precoce pode prejudicar o desenvolvimento da planta e o rendimento de grãos dependendo da intensidade que ocorrer (Moscardi et al., 2012). Apesar de pouco comum, danos indiretos podem ocorrer pela transmissão de vírus causador da necrose da haste. O manejo da mosca-branca requer a integração de diversas práticas de manejo. Como essa espécie é polífaga, uma das principais medidas de controle é o vazio sanitário, que visa interromper o ciclo da praga e reduzir a sua densidade populacional no ambiente. Para que tal medida seja efetiva, é necessária também a eliminação de plantas voluntárias de soja e de plantas daninhas hospedeiras da praga. Adicionalmente, em áreas com plantas daninhas, altamente infestadas por mosca-branca, é

indicado realizar a dessecação da área aproximadamente duas semanas antes da semeadura da soja a fim de evitar ataques severos no início do desenvolvimento da cultura (Moscardi et al., 2012). Em outras culturas, o controle químico é realizado via tratamento de sementes. A cultura fica protegida durante o período residual de cada produto, controlando a população de adultos migrantes. Em soja, o controle de mosca-branca, quando necessário, pode ser realizado com inseticidas químicos registrados na cultura para essa finalidade.

Percevejo-castanho-da-raiz (*Scaptocoris spp.*): São percevejos que vivem no solo e tanto as ninfas quanto os adultos atacam as raízes das plantas de soja. Ocorrem em todas as regiões produtoras de soja do Brasil, porém com maior expressão como praga na região do Cerrado. O manejo dessa praga é difícil e ainda não há nenhum método altamente eficiente para o seu controle (Oliveira et al., 2012). Nesse contexto, prevalecem medidas de manejo integrado que visam tanto o manejo populacional da praga quanto o aumento da tolerância da planta ao seu ataque. Das estratégias de controle, o pousio de outono-inverno tem sido o método que mais contribui para a redução populacional da praga. Por outro lado, as culturas de segunda safra (safrinha) no outono-inverno, tendem a sofrer mais com o ataque da praga, pois a fase inicial de desenvolvimento das plantas (fase mais crítica da cultura) coincide com o período de maior densidade populacional do inseto no solo. Para a soja, é indicado, sempre que possível, realizar semeaduras o mais cedo possível e evitar o cultivo de segunda safra (safrinha) em regiões de alta infestação (Oliveira et al., 2012). Em decorrência da diversidade de culturas hospedeiras da praga a rotação de culturas não é um método eficaz. O controle químico tem se mostrado pouco efetivo, até o momento, não havendo ainda nenhum produto registrado para essa finalidade em soja. Existem, porém, produtos registrados para outras culturas como milho, algodão e feijão, permitindo o manejo da praga no sistema produtivo. O preparo de solo é pouco eficaz, em função de que esses insetos se distribuem ao longo do perfil do solo em profundidades de até 1,20 m (Oliveira et al., 2012).

Corós (Coleoptera: Melolonthidae) – Várias espécies de corós podem atacar a soja, sendo que a espécie predominante varia de região para região. Porém, o tipo de injúria causada à soja é semelhante entre as diferentes espécies de corós. O ataque das larvas de corós às raízes das plantas produzem sintomas, que vão desde amarelecimento das folhas e redução do crescimento até morte das plantas, visualizados em reboleiras (Oliveira et al., 2012). O número de plantas mortas pode variar com a época de semeadura e com a densidade populacional e o tamanho das larvas na área. Danos à soja são provocados pelas larvas, principalmente a partir do 2º ínstar, as quais consomem raízes. No início do desenvolvimento das plantas, uma larva com 1,5 cm a 2,0 cm de comprimento, para cada quatro plantas, reduz o volume de raízes em cerca de 35% e uma larva de 3 cm, no mesmo nível populacional, causa redução de raízes de 60% ou mais, podendo causar a morte da plântula (Oliveira et al., 2012). Maiores perdas ocorrem quando a soja é semeada em período do ano em que as larvas encontram-se no 3º instar (Tabela 5), que é a fase de maior consumo das larvas. Esse período pode variar de espécie para espécie. Para a maioria das espécies, os adultos (besouro) podem causar desfolha, porém raramente causam prejuízos representativos à cultura. O manejo de corós em soja deve ser realizado pela integração de medidas como (Oliveira et al., 2012):

- ajustar a época de semeadura da soja para que a fase inicial de desenvolvimento das plantas não coincida com a ocorrência de larvas grandes, principalmente as de 3º instar no solo;
- evitar o cultivo de outras plantas hospedeiras durante o período de desenvolvimento das larvas no solo;
- quando não houver possibilidade de manejar a data de semeadura visando o escape da época crítica de ataque das larvas, é indicado utilizar o tratamento de sementes com inseticidas registrados em soja para essa finalidade, porém, de um modo geral o efeito residual não é longo;
- quando necessário, os adultos podem ser controlados por inseticidas aplicados de forma localizada nas reboleiras em que estiverem causando desfolha;
- em casos de ataque severo, a aração do solo, nas horas mais quentes do dia, com implementos que atingem maior profundidade, pode, em alguns casos, diminuir a população, por dano mecânico às larvas, pela sua exposição

a aves e a outros predadores e pelo deslocamento de larvas em diapausa e pupas para camadas do solo mais superficiais. Porém, o revolvimento do solo em áreas de semeadura direta, única e exclusivamente para se controlar esse inseto, não é indicado pelos efeitos negativos à conservação do solo;

- é possível aumentar a tolerância da cultura ao ataque da praga e minimizar suas perdas, adotando-se medidas que favoreçam o desenvolvimento radicular da planta, como manejo da compactação, correção da fertilidade e da acidez do solo;
- em áreas menores ou em talhões muito atacados o uso de armadilhas luminosas durante as revoadas pode ajudar a reduzir a população de adultos e consequentemente o número de fêmeas que farão postura.

Tabela 5. Distribuição geográfica, parâmetros bioecológicos e plantas hospedeiras de corós que podem atacar a cultura da soja, no Brasil.

Espécie de coró	Regiões em que ocorre	Época de larvas de 2º ou 3º instar no solo	Época de revoada de adultos	Plantas hospedeiras conhecidas
Coró-da-soja (<i>Phyllophaga cuyabana</i>)	PR, MS, MT e GO	Dezembro a abril	Outubro a dezembro (PR), setembro a novembro (MS)	Soja, feijão, girassol, crotalária, nabo forrageiro, maria-mole (<i>Senecio brasiliensis</i>) e várias outras espécies de dicotiledôneas, além de algumas monocotiledôneas como milho, trigo e aveia.
Coró-da-soja-do-cerrado (<i>Phyllophaga capillata</i>)	GO e DF	Dezembro a março	Outubro a dezembro	Soja

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Espécie de coró	Regiões em que ocorre	Época de larvas de 2º ou 3º instar no solo	Época de revoada de adultos	Plantas hospedeiras conhecidas
Coró-do-trigo (<i>Phyllophaga triticophaga</i>)	RS	Janeiro a novembro do primeiro ano ⁽¹⁾ do ciclo do coró	Outubro a novembro do segundo ano ⁽¹⁾ do ciclo do coró	Soja, milho, trigo, aveia, cevada, triticale, centeio, trigo-mourisco, canola, tremoço, azevém, ervilhaca, gramados, língua-de-vaca (<i>Rumex obtusifolius</i>) e gorga (<i>Spergula arvensis</i>).
Coró-das-pastagens (<i>Diloboderus abderus</i>)	RS e SC	Março a novembro	Novembro a abril	Soja, milho, trigo, aveia, batata, cana-de-açúcar, centeio, cevada, canola, girassol, linho (<i>Linum usitatissimum</i> L.), sorgo, alface, beterraba, couve/repolho, alfafa, azevém, trevo-branco (<i>Trifolium repens</i> L.), pastagens e gramados.
Coró-liogenys (<i>Liogenys fuscus</i>)	MS, MT e GO	A partir de outubro	Agosto a dezembro	Soja, milho, feijão, capim-colonião (<i>Panicum maximum</i>), capim-colchão (<i>Digitaria horizontalis</i>), timbete (<i>Cenchrus echinatus</i>) e apagafogo (<i>Alternanthera ficoidea</i>)

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Espécie de coró	Regiões em que ocorre	Época de larvas de 2º ou 3º instar no solo	Época de revoada de adultos	Plantas hospedeiras conhecidas
Coró-plectris (<i>Plectris pexa</i>)	PR (norte) e SP (sudoeste)	A partir de outubro	Setembro a novembro	Soja
Coró-sulino-da-soja (<i>Demodema brevitarsis</i>)	RS (norte)	Dezembro a fevereiro	Sem informação	Soja, milho, trigo, cevada e aveia
Coró-paranomala (<i>Paranomala testaceipennis</i>) ⁽²⁾	MS	Setembro a dezembro (1ª geração) e janeiro a agosto (2ª geração)	Agosto (1ª geração) e dezembro a fevereiro (2ª geração)	Soja
Coró-paranomala (<i>Paranomala spp.</i>)	GO	Sem informação	Sem informação	Soja
Coró-cyclocephala (<i>Cyclocephala forsteri</i>)	MS (sul)	Dezembro a julho	Outubro a janeiro	Soja

⁽¹⁾O ciclo completo do coró-do-trigo tem duração de dois anos. ⁽²⁾Para o coró *Paranomala testaceipennis* ocorrem dois ciclos por ano.

Fonte: Oliveira et al. (2012).

Tamanduá-da-soja (*Sternechus subsignatus*): Os adultos da praga rasparam a haste e desfiam os tecidos da planta. As fêmeas depositam os ovos na haste de onde emerge uma larva que, pelo seu desenvolvimento, produz uma galha. Esse ataque pode provocar redução da produtividade e até a morte da planta. Perdas mais severas acontecem quanto mais cedo o ataque ocorrer. A partir do estádio V6 (plantas com cinco folhas trifolioladas), a praga já não provoca perdas representativas, pois a haste da planta fica mais rígida e mais tolerante à praga (Hoffmann-Campo et al., 2012b). A partir desse estádio a praga pode raspar/cortar a haste logo abaixo do ponteiro e também o pecíolo da folha, porém já não causam danos expressivos. O manejo dessa praga deve ser iniciado

do pela amostragem do solo antes da semeadura da soja. Para tanto, a cada 10 ha deve-se retirar quatro amostras de solo, centradas nas fileiras de soja da safra anterior, com um metro de comprimento e largura e profundidade de uma pá de corte (Hoffmann-Campo et al., 2012b). Contar o número de larvas hibernantes contidas nessa amostra. Para cada 3 a 6 larvas/amostra, há possibilidade de uma ou duas atingirem a fase adulta, podendo causar uma quebra de 7 a 14 sacas de soja por hectare, na safra seguinte. A rotação de culturas com plantas não hospedeiras como milho, milheto, sorgo ou girassol, reduz drasticamente a infestação da praga na lavoura, sendo o método mais eficiente de controle, pois interrompe o ciclo biológico da praga (Hoffmann-Campo et al., 2012b). É importante destacar que os adultos que emergirem da área com plantas não hospedeiras podem se deslocar para áreas vizinhas em busca de plantas hospedeiras preferenciais, como soja e feijão, nessas pode haver ataque concentrado em uma faixa de aproximadamente 25 m na divisa com a área com plantas não hospedeiras. Nesse caso é necessário realizar o monitoramento da praga na soja ou no feijão e realizar o controle, sempre que for atingido o nível de ação de adultos. O nível de ação é de um adulto por metro de fileira, em plantas com até duas folhas trifolioladas (V3), e dois adultos por metro linear, em plantas de três a cinco folhas trifolioladas (V4-V6) (Tabela 4). Pulverizações realizadas entre 22h e 2h tendem a ser mais eficientes, pois nesse horário os adultos se concentram na parte superior das plantas (Hoffmann-Campo et al., 2012b). O tratamento de sementes contribui para a proteção da cultura na fase inicial de desenvolvimento, nos casos de não ser possível realizar a rotação de culturas.

Ácaros: Atualmente são conhecidas seis espécies de ácaros com potencial de causar danos à soja, sendo o ácaro-verde (*Mononychellus planksi*) e o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) as mais comuns. Os demais ácaros-praga são três espécies de ácaro vermelho (*Tetranychus desertorum*, *T. gigas*, *T. ludeni*) e o ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus*) (Moscardi et al., 2012). Associados aos ácaros-praga, comumente ocorrem agentes de controle biológico como os ácaros predadores (ácaros benéficos) e doenças como o fungo *Neozygites floridana*, os quais contribuem para reduzir a intensidade de ataque dos ácaros-praga

na lavoura de soja. A ocorrência de estiagem é o principal fator condicionante para surtos de ácaros em soja (exceto o ácaro-branco), no entanto, o uso excessivo de inseticidas e fungicidas pode aumentar a intensidade de ataque da praga (Moscardi et al. 2012). Quanto mais cedo forem iniciadas as aplicações de inseticidas e fungicidas em soja maior será o prejuízo aos agentes de controle biológico de ácaros. Os surtos de ácaros ocorrem, frequentemente, na fase reprodutiva da soja, dificultando uma boa deposição de calda nas folhas do interior do dossel. Em razão da dificuldade de controle e do custo do tratamento, para o manejo de ácaros em soja prevalecem estratégias de preservação de inimigos naturais pelo uso racional de agrotóxicos. Para o controle químico de ácaros estão registrados em soja os seguintes princípios ativos: espiromesifeno, diafentiurom, abamectina e profenofós + lufenurom. Como o ataque de ácaros pode ocorrer de forma pontual na lavoura é aconselhável vistoriar todos os talhões e realizar pulverizações apenas nas áreas atacadas obedecendo à dose registrada de cada produto.

Tripes (Thysanoptera: Thripidae): Os tripes ocorrem principalmente no Paraná, com maior intensidade de ataque em anos secos. Não há evidências de que a injúria causada por esses insetos às plantas, em decorrência da sua alimentação, cause perdas de produtividade. Assim, o controle químico desses insetos se justifica apenas nos casos de ocorrência da virose queima do broto, relatada esporadicamente na região centro-sul do Paraná (Moscardi et al., 2012).

Experiência prática de utilização do MIP-Soja

Unidades de Referência (URs) de MIP têm sido conduzidas em lavouras de agricultores com a finalidade de difundir as técnicas de MIP-Soja, bem como, validar e aperfeiçoar as técnicas de MIP-Soja nas diferentes condições de cultivo de soja do Brasil. Nessa seção é apresentado um resumo dos resultados das ações de difusão do MIP-Soja realizado por meio de URs, em anos recentes, nos três estados maiores produtores de soja do Brasil (MT, PR e RS), representando diferentes escalas de produção e condições edafoclimáticas.

Em Mato Grosso, URs de MIP-Soja estão sendo conduzidas pela Embra-

pa Agrossilvipastoril em parceria com produtores rurais e com o apoio da Associação de Produtores de Soja e Milho do estado (Aprosoja-MT). Essas URs são realizadas em áreas de aproximadamente 200 ha, sendo metade da área conduzida conforme o manejo de pragas tradicional (pulverizações preventivas) e a outra metade seguindo os preceitos do MIP-Soja. Os principais resultados obtidos são que a produtividade na área de MIP é idêntica à da área manejada de forma tradicional, porém com menor número de pulverizações com inseticidas, impactando em menor custo de produção que, na média das safras 2016/2017 e 2017/2018 representou uma economia equivalente entre 1 a 2 sacas de soja/ha pelo uso do MIP. Por causa desses resultados, o interesse dos produtores em implementar o MIP nas suas propriedades têm aumentado ano após ano.

No Paraná URs de MIP-Soja estão sendo conduzidas pelo Instituto Ema-ter/PR com o apoio da Embrapa Soja em lavouras de agricultores das principais regiões produtoras do estado, abrangendo propriedades de diferentes tamanhos. Nas safras 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 foram conduzidas 46, 106, 123, 141 e 196 URs, respectivamente. Os principais resultados obtidos mostram que a produtividade na área de MIP é idêntica à da área manejada de forma tradicional, porém há redução do custo de produção em valor equivalente de 2 a 3 sacas de soja/ha nas áreas com MIP, dependendo do ano. O menor custo de produção deve-se à redução de aproximadamente 50% do número de aplicações de inseticidas. O número médio de aplicações de inseticidas foi de 5,0; 4,7; 3,8; 3,7 e 3,4 nas áreas de manejo tradicional e de apenas 2,3; 2,1; 2,1; 2,0 e 1,5 nas áreas de MIP nas safras 2012/2013, 2013/2014, 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente. Além disso, o tempo médio para a realização da primeira aplicação de inseticida na lavoura que foi em torno de 30 a 40 dias após a emergência das plantas para em torno de 60 a 78 dias nas áreas de MIP dependendo do ano, contribuindo assim para a preservação dos agentes de controle biológico na fase inicial de estabelecimento da lavoura e reduzindo a intensidade de ataque de pragas ao longo do ciclo (Conte et al., 2014; 2015; 2016; 2017; 2018).

No Rio Grande do Sul a Embrapa Trigo tem trabalhado em parceria com a Emater/RS na implantação e desenvolvimento de ações de MIP. Essa iniciativa vem crescendo ano após ano, sendo que na safra 2014/2015 foram conduzidas aproximadamente 50 URs nas principais regiões produtoras de soja do estado, abrangendo diferentes escalas de produção, desde propriedades de 2 ha até 10 ha. Os resultados indicam que o MIP possibilita reduzir o número de aplicações de inseticidas pela metade sem alteração da produtividade em relação àquelas áreas com manejo tradicional, com aplicações preventivas e calendarizadas. Com isso o MIP possibilitou a redução dos custos de produção da lavoura de soja, o que tem atraído o interesse dos agricultores para a adoção do MIP.

Esses resultados indicam que, independente da escala de produção e da condição edafoclimática, o MIP-Soja apresenta resultados positivos para o manejo de pragas da soja, com possibilidade de redução da utilização de inseticidas sem redução da produtividade da cultura. Além disso, o MIP-Soja possibilita a redução dos custos de produção, preservação de agentes de controle biológico na lavoura, redução dos riscos de contaminação do trabalhador rural, dos alimentos e do ambiente.

Para que o MIP-Soja seja mais amplamente difundido e adotado pelos agricultores, são necessários investimentos no treinamento de profissionais para realizarem o monitoramento de pragas e o fortalecimento da assistência técnica aos agricultores. Nesse sentido a Embrapa Soja vem realizando desde 2017 cursos de produção de soja com módulos em manejo fitossanitário da cultura que podem ser feitos por produtores e técnicos, o que já resultou em 90 alunos treinados até o momento. Interessados em fazer o curso encontrarão mais informações na página da Embrapa Soja no endereço www.cnpso.embrapa.br/cursodeproducao/index.html.

Referências

- BUENO, A. de F.; HIROSE, E.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ROGGIA, S. *Helicoverpa armigera e outros desafios do manejo de pragas na cultura da soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 1 folder.

BUENO, A. de F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F.; BUENO, R. C. O. de F. Inimigos naturais das pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga.** Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 493-629.

BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de F. MOSCARDI, F.; PARRA, J. R. P.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Lepidoptera larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, v. 67, p. 170-174, 2011.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. de; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2013/14 no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 2014. 56 p. (Embrapa Soja. Documentos, 356).

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. de; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2014/15 no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p. (Embrapa Soja. Documentos, 361).

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. de; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; SERATTO, C. D. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2015/16 no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 2016. 59 p. (Embrapa Soja. Documentos, 375).

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. de; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; SERATTO, C. D. **Resultados do manejo integrado de pragas da Soja na safra 2016/17 no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 2017. 70 p. (Embrapa Soja. Documentos, 394).

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. de; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; SERATTO, C. D. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2017/18 no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 2018. 66 p. (Embrapa Soja. Documentos, 402).

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Amostragem de pragas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga.** Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 631-672.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALEXANDRE, T. M.; PELIZZARRO, G. C.; MOSCARDI, F.; BUENO, A. de F. **Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura.** Londrina: Embrapa Soja, 2010. 15p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 78).

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R. **Inimigos naturais de *Helicoverpa armigera* em soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2014. 12 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 80).

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **The insects: an outline of entomology.** 5. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2014. 624 p.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga.** Brasília, DF: Embrapa, 2012a. 859 p.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; CORSO, I. C. Pragas que atacam plântulas, hastes e pecíolos da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga.** Brasília, DF: Embrapa, 2012b. p. 145-212.

HUSCH, P. E.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Suscetibilidade de *Euschistus heros* a tiametoxam, lambda-cialotrina e acefato em mesorregiões do Paraná, Brasil. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 8., 2013, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 174-177. (Embrapa Soja. Documentos, 339).

KUSS, C. C. **Bases para o manejo de pragas de difícil controle em soja:** eficiência de inseticidas para *Helicoverpa armigera* e efeito sistêmico de neonicotinoides sobre *Euschistus heros*. 2015. 62 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação Superior Norte – RS, Frederico Westphalen, 2015.

MOSCARDI, F. **Baculovírus:** um inseticida biológico contra a lagarta da soja. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 1 folder.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. de F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. A. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja:** manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 214-334.

OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S.; SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; FERNANDES, P. M.; OLIVEIRA, C. M. de. Insetos que atacam raízes e nódulos da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja:** manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 75-144.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F.; SILVA, F. A. C da. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja:** manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.

ROGGIA, S.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; GAZZONI, D. L.; PITTA, R. M. **Refúgio:** preservar a eficiência da soja Bt está em suas mãos. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 1 folder.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROGGIA, S. **Manejo da resistência do percevejo-marrom a inseticidas.** Londrina: Embrapa Soja, 2012. 1 folder.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. da; LOPES, I. O. N.; CORSO, I. C.; ALMEIDA, A. M. R.; MORAES, G. C. P. de; BAUR, M. E. Insecticide susceptibility of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, n. 102, v. 3, p. 1209-1216, 2009.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16).

WISCH, L. N. **Flutuação populacional dos principais noctuídeos e distribuição vertical de ovos e larvas na cultura da soja.** 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2011.

Capítulo 10

Manejo de doenças

Claudine Dinali Santos Seixas, Rafael Moreira Soares, Cláudia Vieira Godoy, Maurício Conrado Meyer, Leila Maria Costamilan, Waldir Pereira Dias, Álvaro Manuel Rodrigues Almeida

Introdução

Entre os fatores que impedem que a soja atinja todo o seu potencial de produtividade estão as doenças, que podem afetar a cultura desde a germinação, até o final do enchimento de grãos/sementes. Podem ser causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides. A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. As perdas anuais de produção por doenças são estimadas em 15% a 20%; entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de até 100%.

Para evitar perdas é importante que o planejamento da safra leve em consideração as doenças mais comuns na região, a época da sua ocorrência, a previsão climática e a infraestrutura da propriedade.

A escolha de uma cultivar resistente é a medida mais racional que o agricultor pode adotar, pois o custo da semente é o mesmo e o menor uso

de fungicidas significa menores custos financeiro e ambiental. Deve-se evitar a introdução de doenças na área usando-se semente certificada e, quando necessário, tratada com fungicidas. O manejo correto do solo é fundamental para evitar condições que favoreçam a incidência de doenças, principalmente aquelas causadas por fungos de solo. A época de semeadura pode significar o menor ou maior número de aplicações de fungicidas, em função da ocorrência da doença em relação ao estádio de desenvolvimento das plantas. Os fungicidas devem ser usados da maneira correta, com dose, época de aplicação e condições de aplicação que possibilitem o controle efetivo dos patógenos, sem o risco de selecionar populações resistentes a eles. O uso de fertilizantes, na dose correta e no momento adequado, contribui para o equilíbrio nutricional da cultura e pode reduzir a incidência e a severidade de doenças. Deve-se evitar o cultivo sucessivo da mesma cultura sempre na mesma área. Usando-se a rotação de culturas e a sucessão com outras espécies, o ciclo dos patógenos é “quebrado”, podendo reduzir a incidência e/ou a severidade das doenças.

Enfim, as doenças devem ser manejadas, o que implica em adotar medidas necessárias para reduzir ao máximo a intensidade das mesmas e, assim, obter-se redução de custos e, como consequência, alcançar maiores rendimentos.

Principais doenças e medidas de controle

Antracnose

(*Colletotrichum truncatum*, *C. sojae*, *C. plurivorum*)

Essa doença é mais comum em regiões onde prevalecem altas temperatura e umidade, como os Cerrados. Para germinar, o fungo precisa de, pelo menos, 12 horas de molhamento foliar, por isso a infecção ocorre em períodos chuvosos ou com alta umidade (Yang; Hartman, 2015). Plantas de soja tornam-se mais suscetíveis se estiverem com deficiência de potássio: a nutrição com potássio reduz a incidência de antracnose em mais de 50%, independentemente da proteção com fungicidas (Meyer; Klepker, 2007).

O fungo sobrevive em sementes (Yang; Hartman, 2015), podendo causar o apodrecimento da semente no solo, antes da emergência. Plântulas originadas de sementes infectadas apresentam necrose dos cotilédones, que pode se estender para o hipocótilo e causar o tombamento.

Na parte aérea das plantas, o principal sintoma é a queda e o apodrecimento de vagens. As vagens em início de formação, quando infectadas, adquirem coloração castanho-escura a negra, abortam a formação de grãos e ficam retorcidas. No enchimento de grãos [(R5 a R6 pela escala de Fehr et al. (1977)], as lesões iniciam-se por pontos encharcados (anasarca) e evoluem para manchas negras, circulares. Os pontos escuros nas lesões são as estruturas de reprodução do fungo (acérvulos). Nas hastes, nos pecíolos e nos racemos florais a doença manifesta-se por manchas negras, ligeiramente deprimidas e brilhantes. Nas folhas geralmente são observadas lesões necróticas pretas sobre as nervuras.

Os sintomas de antracnose podem ser confundidos com os de mancha-alvo, crestamento de Cercospora e seca da haste e da vagem. Além disso, esse fungo pode crescer em tecidos mortos e é comum que sintomas causados por outro tipo de estresse sejam confundidos com a doença, por causa da presença desse fungo.

Deve-se evitar a introdução do fungo na área utilizando-se sementes saudáveis e/ou tratadas com fungicidas. O controle da antracnose é mais eficiente com a adoção de medidas que afetam a sobrevivência do fungo e que evitam proporcionar condições favoráveis à infecção, como rotação/diversificação de culturas; adubação adequada (principalmente com potássio); população de plantas adequada à cultivar e manejo eficiente de pragas (principalmente percevejos) e de plantas invasoras (Henning et al., 2014; Yang; Hartman, 2015).

Cancro da haste (*Diaporthe aspalathi*; *D. caulinora*)

Duas espécies de *Diaporthe* causam cancro da haste no Brasil: *Diaporthe aspalathi* (syn. *Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*) e *Diaporthe*

caulivora (syn. *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*) (Yorinori et al., 1989; Costamilan et al., 2008).

As duas espécies de fungo causam sintomas nas hastes e nas folhas (Rupe, 2015), que se iniciam por pequenos pontos negros que evoluem para lesões que se tornam castanho-avermelhadas a negras, alongadas e elípticas e adquirem coloração castanho-clara com bordas castanho-avermelhadas. As lesões são profundas e a coloração da medula necrosada varia de castanho-avermelhada em planta ainda verde, a castanho-clara a arroxeadas, em haste seca. As folhas ficam amareladas e com necrose entre as nervuras (folha carijó). As folhas permanecem presas à planta (Rupe, 2015).

Lesões causadas por *D. caulivora* normalmente circundam o caule, causando murcha e morte da planta, sendo que, em alguns casos ocorre também a morte do ponteiro (Hobbs et al., 1981). As lesões causadas por *D. aspalathi* alargam-se, mas raramente circundam a haste e não ocorre murcha (Rupe, 2015).

Períodos prolongados de alta umidade favorecem a produção de estruturas reprodutivas dos fungos, o que beneficia a dispersão dos esporos e a infecção (Henning et al., 2014; Yorinori, 1996). *Diaporthe aspalathi* e *D. caulivora* sobrevivem em restos de cultura e na semente. As medidas de controle são uso de cultivares resistentes (forma mais econômica e eficiente), tratamento de semente, rotação/sucessão de culturas, semeadura com maior espaçamento entre as linhas e entre as plantas e adubação equilibrada (principalmente com potássio) (Garzonio; Mc Gee, 1983).

Doenças de final de ciclo (*Cercospora kikuchii* e *Septoria glycines*)

No final do ciclo (fase de enchimento de grãos), podem ocorrer duas doenças causadas por fungos: o crestamento foliar de Cercospora (*Cercospora kikuchi*) e a mancha-parda (*Septoria glycines*). Em razão da dificuldade para separar os sintomas dessas doenças, são consideradas como o complexo de doenças de final de ciclo (DFC). As DFC são

favorecidas por condições chuvosas ou de alta umidade e temperaturas altas (23 °C a 27 °C para *C. kikuchii* e 15 °C a 30 °C para *S. glycines*). Esses fungos sobrevivem em restos de cultura.

Cercospora kikuchii pode atacar folhas, pecíolos, hastes, vagens e sementes. Nas folhas, os sintomas são caracterizados por pontuações escuras, castanho-avermelhadas, com bordas irregulares, as quais coalescem e formam grandes manchas escuras que resultam em crestamento e desfolha prematura, iniciando pelas folhas do terço superior da planta. Também pode ser observada necrose nas nervuras das folhas. Nas hastes e nos pecíolos, o fungo causa manchas avermelhadas, geralmente superficiais. Quando a infecção ocorre nos nós, o fungo pode penetrar na haste e causar necrose, de coloração avermelhada na medula. Nas vagens, aparecem pontuações vermelhas que evoluem para manchas castanho-avermelhadas (Ward-Gauthier et al., 2015). Através da vagem, o fungo atinge a semente e causa a mancha-púrpura no tegumento. É o fungo mais frequentemente encontrado em lotes de sementes, porém não afeta a germinação.

Os primeiros sintomas da mancha-parda podem aparecer cerca de duas semanas após a emergência, como pequenas pontuações ou manchas de contornos angulares, castanho-avermelhadas, nas folhas unifolioladas. Em situações favoráveis, a doença pode atingir as primeiras folhas trifolioladas e causar desfolha. Os sintomas podem ocorrer com maior intensidade durante o enchimento de grãos, sendo caracterizados por pontuações pardas nas folhas, menores que 1 mm de diâmetro, as quais evoluem e formam manchas com halos amarelados e centro de contorno angular, de coloração castanha em ambas as faces, medindo até 4 mm de diâmetro. Infecções severas, na fase de enchimento de vagens, podem causar desfolha e maturação precoce (Hartman, 2015a).

Em razão da sobrevivência dos fungos nos restos culturais a rotação de culturas é indicada para a redução do inóculo na área. O controle deve ser feito utilizando-se semente livre dos patógenos, tratamento de semente e aplicações na parte aérea, com fungicidas, os mesmos utilizados para controle da ferrugem-asiática. Isolados de *C. kikuchii* com

resistência a fungicidas IQo (“estrobilurinas”) e MBC (benzimidazóis) têm sido obtidos de plantas e sementes de diferentes regiões produtoras (dados não publicados).

Ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*)

Os sintomas da ferrugem-asiática podem ser observados em qualquer estádio de desenvolvimento da planta. Os órgãos atacados são cotilédones, folhas e hastes, sendo nas folhas os sintomas característicos da doença. Os sintomas nas folhas tendem a iniciar-se pelas folhas do terço inferior das plantas, sendo caracterizados por minúsculos pontos mais escuros do que o tecido sadio da folha, variando de coloração esverdeada a cinza-esverdeada, com correspondentes saliências (urédias) na página inferior da folha. Essas abrem-se em um minúsculo poro, por onde são expelidos os uredosporos. As lesões tendem a apresentar formato angular, podendo atingir de 2 mm a 5 mm de diâmetro.

A coloração das lesões depende da sua idade e da interação entre a cultivar e o isolado do patógeno. A lesão pode ser dos tipos “TAN” e “RB”. A lesão TAN (castanha) apresenta-se sem necrose (morte e escurecimento do tecido) e com abundante esporulação, indicando que a planta é sensível ao fungo (reação de suscetibilidade). Na “RB” [reddish brown (marrom-avermelhada)] ocorre necrose, menor número de estruturas de reprodução do fungo (urédias) e pouca esporulação, indicando reação de resistência (Bromfield; Hartwig, 1980). As folhas infectadas, com muitas lesões, amarelam e caem precocemente, comprometendo a formação e o enchimento de vagens, o peso final dos grãos e a qualidade dos grãos (presença de grãos verdes) (Yang et al., 1991).

Durante os estádios iniciais de desenvolvimento, ainda antes da esporulação, as lesões de ferrugem podem ser confundidas com as lesões de pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*), de mancha parda (*Septoria glycines*) e de crestarto bacteriano (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) sendo a diferenciação feita principalmente pela presença das urédias na lesão de ferrugem que se abrem liberando os uredosporos. A disseminação dos esporos ocorre principalmente pelo

vento. A precipitação pluvial é um fator importante por causa da sua ação de deposição dos esporos, ao mesmo tempo em que promove condições de molhamento. Um mínimo de seis horas de molhamento sobre a superfície da folha é necessário para que ocorram infecções. (Del Ponte et al., 2006).

As estratégias recomendadas para reduzir o risco de danos à cultura são: i) eliminação de plantas voluntárias de soja e ausência de cultivo de soja na entressafra por meio do vazio sanitário (período de, no mínimo, 60 dias); ii) utilização de cultivares resistentes; iii) utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada; iv) monitoramento da lavoura desde o início do desenvolvimento da cultura, intensificando no fechamento das entrelinhas, associado à utilização de fungicidas no aparecimento dos sintomas ou preventivamente. A aplicação preventiva de fungicidas deve ser feita com base em critérios técnicos, como a ocorrência da doença na região, associada a condições climáticas favoráveis à doença, a condições de aplicação em curto espaço de tempo e à incidência de outras doenças, especialmente se a lavoura encontra-se próxima do fechamento das entrelinhas.

Os fungicidas utilizados são misturas comerciais de inibidores de desmetilação (IDM ou “triazóis”), inibidores da quinona externa (“estrobilurinas”) e/ou inibidores da succinato desidrogenase (ISDH ou “carboxamidas”). Esses são os chamados sítio-específicos, porque atuam em um ponto do metabolismo do fungo. Também têm sido utilizados os multissítios, que atuam em mais de um ponto do metabolismo do fungo, à base de cobre, clorotalonil e mancozeb, associados aos sítio-específicos. Essa associação é benéfica porque *P. pachyrhizi* apresenta resistência aos fungicidas sítio-específicos citados (Schmitz et al., 2014; Kłosowski et al., 2015; Simões et al., 2018) e a utilização dos multissítios pode melhorar a eficiência do controle (Godoy et al., 2018b). Para definir os fungicidas deve-se consultar resultados atuais de pesquisa, disponíveis na página do Consórcio Antiferrugem (www.consórcioantiferrugem.net). O atraso na aplicação, depois de constatados os sintomas iniciais, pode acarretar em redução de produtividade, caso a condição climática

favoreça o progresso da doença. O número e a necessidade de reaplicações vão ser determinados pelo estádio em que for identificada a doença na lavoura, pelo residual dos produtos e pelas condições climáticas.

Mancha-alvo e podridão radicular de *Corynespora* (*Corynespora cassiicola*)

A incidência da mancha-alvo tem aumentado nas últimas safras em razão da menor sensibilidade (resistência) do fungo aos fungicidas mais comumente utilizados na cultura da soja e do aumento da semeadura de cultivares suscetíveis, sendo encontrada em praticamente todas as regiões de cultivo do Brasil. Além da soja, o fungo *C. cassiicola* infecta mais de 400 espécies de plantas (Farr; Rossman, 2018), entre elas importantes culturas no sistema de produção do Brasil como o algodão, o feijão, a crotalária e diversas plantas daninhas. Apesar de testes de inoculações cruzadas mostrarem que isolados são mais agressivos quando inoculados no hospedeiro de origem, indicando evidências de especialização, os isolados obtidos de soja e algodão no Brasil são semelhantes e infectam as duas culturas (Galbieri et al., 2014).

Os sintomas podem ser observados na folha, no caule, na vagem, na semente, no hipocôtilo e nas raízes. As lesões na folha iniciam-se por pontuações pardas, com halo amarelado, evoluindo para grandes manchas circulares, de coloração castanho-clara a castanho-escura, atingindo até 20 mm de diâmetro. Geralmente, as manchas apresentam uma pontuação escura no centro, semelhante a um alvo. Plantas severamente infectadas desfolham precocemente. Manchas pardo-avermelhadas podem ser observadas nas nervuras das folhas na haste e nas vagens. As manchas nas vagens são geralmente circulares, de 1 mm de diâmetro e tecido deprimido, com centro escuro e margens amarronzadas. O fungo infecta a vagem, atinge a semente e, desse modo, pode ser disseminado para outras áreas. Durante períodos de alta umidade, as lesões podem coalescer, cobrindo toda a vagem. A infecção, na região da sutura das vagens em desenvolvimento, pode resultar em necrose, abertura das vagens e germinação ou apodrecimento dos grãos ainda verdes.

Infecções em folhas, vagens e hastes geralmente não estão associadas com a correspondente podridão de raiz.

O fungo *C. cassiicola* pode sobreviver em outras plantas; em restos de cultura e na forma de estrutura de resistência (clamidosporos) e na semente infectada. As condições que favorecem a doença são temperatura de 18 °C a 32 °C e alta umidade relativa.

Para o controle da doença, recomenda-se uso de cultivares resistentes/tolerantes, tratamento de semente, rotação/sucessão de culturas com milho e outras espécies de gramíneas e controle químico com fungicidas. Os fungicidas contendo os ingredientes ativos protoconazole e fluxapiroxade apresentaram maior eficiência de controle nos ensaios cooperativos de 2011/2012 a 2017/2018. Fungicidas metil benzimidazol carbamato (MBC, carbendazim e tiofanato-metílico) apresentam baixa eficiência de controle (Godoy et al., 2013; 2018a). Isolados do fungo com mutações que conferem menor sensibilidade/resistência a fungicidas já foram relatados para metil benzimidazol carbamato (MBC) (Mello, 2019), inibidores da quinona externa (IQe), (FRAC, 2018b) e inibidores da succinato desidrogenase (ISDH) (FRAC, 2018a).

Mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina*)

Essa doença pode atingir folha, haste, vagem e semente. Os sintomas iniciam-se com pontuações de encharcamento, que evoluem para manchas com centros de coloração castanho-claro na face superior da folha, e cinza, na inferior, com bordos castanho-avermelhados nas duas faces. Nas hastes e vagens o sintoma também começa com encharcamento, mas evolui para lesões circulares castanho-escuras na vagem e para manchas elípticas ou alongadas com centro cinza e bordos castanho-avermelhados nas hastes. Na semente, causa rachaduras e manchas de coloração parda a cinza. É mais comum a partir do florescimento, mas pode ocorrer em qualquer estádio de desenvolvimento da planta.

O fungo pode ser disseminado por semente e pelo vento. Sobrevive em restos de cultura. As condições favoráveis à ocorrência da doença são temperatura e umidade altas.

A doença é controlada pelo uso de cultivares resistentes, mas o tratamento de sementes é uma medida que deve ser adotada para evitar a reintrodução do fungo ou a introdução de novas raças de *C. sojina*.

Mela (*Rhizoctonia solani* AG1)

A mela ocorre com maior intensidade nos Estados do Mato Grosso, do Maranhão, de Tocantins e de Roraima, causando reduções médias de produtividade de 30%, podendo chegar a 60%, em situações de extrema favorabilidade climática (Meyer et al., 2006).

Rhizoctonia solani desenvolve-se bem em condições de temperatura entre 25 °C e 30 °C e umidade relativa do ar acima de 80%. Com condição de clima chuvoso, a frequência e a distribuição das chuvas durante o ciclo da cultura são fatores determinantes para a ocorrência e o desenvolvimento da doença. O fungo sobrevive no solo por escleródios, saprofiticamente em restos de cultura e em hospedeiros alternativos. A disseminação ocorre principalmente por respingos de chuva, carreando fragmentos de micélio ou de escleródios para folhas e pecíolos de plantas jovens, antes do fechamento das entrelinhas na lavoura. Após as primeiras infecções, a disseminação pode ocorrer por contato de folha com folha e de planta com planta.

Toda a parte aérea da planta pode ser afetada, principalmente as folhas do terço médio, surgindo, inicialmente, lesões encharcadas, de coloração pardo-avermelhada a roxa, evoluindo rapidamente para marrom-escura a preta. As lesões podem ser pequenas manchas ou tomar todo o limbo foliar, em forma de murcha ou podridão mole. Folhas infectadas normalmente ficam aderidas a outras folhas ou a hastes pelo micélio do fungo que, rapidamente, se dissemina para tecidos saudáveis. Em baixa umidade, as lesões ficam restritas a manchas necróticas marrons. Nas

hastes, nos pecíolos e nas vagens, normalmente aparecem manchas castanho-avermelhadas. Em vagens novas, flores e racemos florais, pode ocorrer completa podridão. As infecções podem ocorrer em qualquer estádio da cultura.

O controle da mela é mais eficiente quando se adotam medidas integradas, envolvendo práticas como semeadura direta, nutrição equilibrada das plantas (principalmente K, S, Zn, Cu e Mn), rotação de culturas com plantas não hospedeiras, redução da população de plantas, eliminação de plantas daninhas e controle químico. A utilização de cobertura morta no solo, com a adoção do sistema plantio direto, é uma das medidas que tem se mostrado mais eficiente, por evitar os respingos de chuva que levam os propágulos do fungo para folhas e hastes. Não há cultivares resistentes.

Míldio (*Peronospora manshurica*)

Folhas e vagens podem ser infectadas e a semente também pode ser atingida (Dunleavy, 1987). Os sintomas nas folhas iniciam-se por lesões de 3 mm a 5 mm, verde-claras, que passam a amarelas e, mais tarde, o tecido necrosa. No verso dessas lesões, na face inferior da folha, aparecem as estruturas de frutificação do patógeno, de aspecto cotonoso e de coloração acinzentada.

As infecções na vagem podem ocorrer sem sintoma externo. O interior da vagem e a semente ficam cobertos com uma crosta pulverulenta, constituída de micélio e esporos, dando uma coloração bege a castanho-clara ao tegumento (Phillips, 2015). Pode ocorrer deterioração da semente.

O patógeno é introduzido na lavoura por sementes infectadas e por esporos disseminados pelo vento. Ocorre em praticamente todas as regiões produtoras de soja do Brasil, principalmente na fase vegetativa da cultura. A infecção é favorecida por temperaturas amenas (20 °C a 22 °C) e umidade elevada. À medida que as folhas envelhecem, tornam-se resistentes.

Não há medidas de controle indicadas em razão da pouca importância econômica da doença.

Mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*)

O mofo-branco é extremamente dependente de condições ambientais favoráveis e seus danos manifestam-se com maior severidade em lavouras de soja localizadas em altitudes maiores que 600 m, em safras com clima chuvoso e temperatura amena.

Os primeiros sintomas são manchas aquosas, adquirindo coloração castanho-clara e desenvolvendo abundante formação de micélio branco e denso. O fungo é capaz de infectar qualquer parte da planta, porém, as infecções iniciam-se com frequência a partir de flores, nas axilas das folhas e nos ramos laterais. Ocasionalmente, nas folhas, podem ser observadas murcha e secamento. Em poucos dias, são formados os escleródios, estruturas negras e rígidas que podem permanecer viáveis no solo por até três anos (Reis et al., 2019).

A fase mais vulnerável da planta vai do estádio da floração plena ao início da formação das vagens (R2 a R3). Escleródios caídos ao solo, sob alta umidade e temperaturas entre 10 °C e 21 °C, germinam, formando apotécios (Meyer et al., 2014). Os apotécios produzem ascospores que são liberados ao ar, responsáveis pela infecção das plantas.

A introdução do fungo em uma lavoura ocorre primordialmente por meio de escleródios, que podem ser transportados por máquinas, equipamentos, caminhões e por sementes de diversas espécies, quando não são obedecidos os critérios de manejo durante a produção e o beneficiamento. Uma vez introduzido é de difícil erradicação, por causa da sua ampla gama de hospedeiros e da capacidade de sobrevivência dos escleródios no solo.

O manejo do mofo-branco deve ser realizado pela integração de medidas de controle, tais como: utilização de sementes de boa qualidade e tratadas com fungicidas; formação de palhada para cobertura uniforme do

solo, preferencialmente com gramíneas; rotação e/ou sucessão com culturas não hospedeiras; escolha de cultivares com arquitetura que favoreça boa aeração entre as plantas (pouco ramificadas e com folhas pequenas) e com período mais curto de florescimento; população de plantas e espaçamento entrelinhas adequados às cultivares; emprego de controle químico, com pulverizações foliares de fungicidas principalmente no início da floração até início da formação de vagens; emprego do controle biológico por meio de infestação do solo com agentes antagonistas; limpeza de máquinas e de equipamentos após utilização em área infestada para evitar a disseminação de escleródios (Meyer et al., 2014).

Oídio (*Erysiphe diffusa*)

O oídio é comum em plantas de soja, com incidência mais severa na região Sul e nas regiões altas dos Cerrados. As perdas de produtividade causadas podem alcançar de 10% a 35% (Hartman, 2015b).

O fungo *Erysiphe diffusa* desenvolve-se em toda a parte aérea da soja, como folhas, hastes, pecíolos e vagens (nessas, raramente observado). O sintoma característico é uma fina cobertura branca que pode ser em pequenos pontos ou cobrir toda a parte aérea da planta. Nas folhas, com o passar dos dias, a coloração branca muda para castanho-acinzentada, dando a aparência de sujeira em ambas as faces. Em infecções severas, as folhas podem secar e cair prematuramente. Na haste e nos pecíolos, as estruturas do fungo adquirem coloração que varia de branca a bege, contrastando com a epiderme da planta, de coloração arroxeadas a negra.

A infecção pode ocorrer em qualquer estádio de desenvolvimento da planta, porém é mais visível no início da floração. É favorecida por períodos de baixa umidade e de temperaturas amenas (18 °C a 24 °C).

O método mais eficiente de controle do oídio é o uso de cultivares resistentes (Tecnologias, 2013). Pode ser controlado com fungicidas.

Podridão de carvão da raiz (*Macrophomina phaseolina*)

A podridão de carvão é causada por *Macrophomina phaseolina*, fungo capaz de infectar diversas espécies botânicas (Mengistu et al., 2015).

Os danos são variáveis, sendo mais severos em anos secos e com temperaturas elevadas.

Radículas infectadas apresentam escurecimento. A evolução da infecção é facilitada por condições de deficiência hídrica no solo, quando as plantas apresentam desenvolvimento reduzido e as folhas ficam cloróticas. Após o florescimento e ocorrendo deficiência hídrica associada a altas temperaturas do ar (acima de 30 °C), as folhas secam e permanecem aderidas aos pecíolos e voltadas para baixo (Ferreira et al., 1979). Nessa fase, as plantas apresentam raízes de cor cinza, cuja epiderme é facilmente destacada, mostrando pontos negros, que são microescleródios, nos tecidos imediatamente abaixo. Os microescleródios são estruturas duras e resistentes a condições adversas (Kendig et al., 2000).

Em decorrência da ampla gama de hospedeiros do fungo, a rotação de culturas não tem efeito direto na diminuição da incidência da doença. Como medidas para atenuar seus efeitos destacam-se: manutenção de níveis adequados de fósforo e de potássio, que auxiliam no desenvolvimento e na resistência das plantas, manutenção de umidade no solo, com cobertura vegetal e bom manejo do solo, para evitar compactação.

Podridão parda da haste (*Cadophora gregata*)

Ocorre em regiões de temperatura amena nos estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e do Paraná. Reduções médias de rendimento de grãos entre 22% e 35% foram relatadas (Bonato; Costamilan, 1992). É uma doença vascular que provoca murcha e queda de folhas, resultando em morte antecipada de plantas e redução em número e peso de grãos. É caracterizada pela necrose internerval em folhas (folha carijó) a partir do estádio final de enchimento de grãos, associada ao escurecimento da medula, no interior da haste.

Quando a doença é severa, o escurecimento da medula é contínuo na haste, desde sua base; outras vezes, é mais intenso somente na parte inferior da haste e em nós. O sistema radicular e o exterior da haste permanecem com aparência normal.

O patógeno não é transmitido por sementes, podendo ser disseminado pela movimentação de solo e de restos culturais. Temperatura do ar entre 15 °C e 27 °C e alta umidade do solo após o florescimento favorecem o desenvolvimento da doença. Plantas infectadas não desenvolvem sintomas foliares se a temperatura do ar for alta durante os estádios R3 a R4 (Malwick et al., 2015).

Não é indicado o uso apenas de cultivares resistentes, mas de uma combinação de práticas de manejo, para limitar o crescimento de *C. gregata* nas lavouras (Dorrance; Mills, 2008). A principal forma de controle é o uso de cultivares resistentes. Após o uso de cultivar resistente, é possível voltar a semear cultivar suscetível por uma safra. Recomenda-se, também, escalaronar cultivares resistentes, para manter a eficiência do gene de resistência (Hugues; Grau, 2010).

Rotação de culturas de verão, sem a utilização de soja por, no mínimo, dois anos, é eficiente para diminuir a quantidade de inóculo de *C. gregata* em restos culturais (Costamilan; Lhamby, 1994). O uso de cultivares de ciclo precoce pode ser indicado em alguns casos, pois apresentam menor redução de rendimento que cultivares de ciclos médio e tardio.

Podridão radicular de *Phytophthora* (*Phytophthora sojae*)

Essa doença foi relatada nos estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina, do Paraná, de Mato Grosso do Sul, de Mato Grosso, de Minas Gerais, de Goiás e do Tocantins (Costamilan et al., 2013).

Os sintomas são dependentes do nível de resistência da cultivar, e podem ser observados desde a pré-emergência até o enchimento de grãos, sendo que plantas jovens são mais suscetíveis e morrem mais rapidamente. Pode ocorrer apodrecimento de sementes. Plântulas infectadas germinam lentamente e, quase sempre, morrem durante a emergência. Durante a emissão dos primeiros trifólios, a extremidade da raiz principal torna-se flácida e marrom e essa descoloração estende-se e envolve o hipocôtilo até o nó cotiledonar, ocorrendo o colapso do tecido. Na

sequência, as folhas tornam-se amareladas, murcham e a planta seca e morre. Plantas adultas morrem lentamente, apresentando folhas amareladas e tecido seco entre as nervuras, seguindo-se murcha completa e seca dos tecidos, permanecendo as folhas presas às plantas, voltadas para baixo. Há destruição quase completa de raízes secundárias e apodrecimento da raiz principal, que adquire coloração marrom-escura. Nessa fase, o sintoma característico é o aparecimento, no exterior da haste, de coloração marrom-escura, circundando a mesma desde o solo e, frequentemente, progredindo ao longo dessa e das hastes laterais em direção ao topo da planta. Em planta adulta, os tecidos apodrecidos da raiz e da haste permanecem firmes. Plantas adultas afetadas podem estar isoladas, cercadas por plantas sadias, ou em grupos, geralmente em solo compactado e/ou com acúmulo de umidade.

Em algumas situações, plantas afetadas desenvolvem raízes secundárias mais superficiais, tentando compensar a perda da raiz principal, originando plantas debilitadas e mais sensíveis a períodos de falta de água. Esse conjunto de sintomas, denominado “dano oculto”, pode reduzir o rendimento em até 40% (Schmitthenner, 1999).

A transmissão e a disseminação do patógeno não ocorrem por sementes, sendo o solo e os restos culturais de soja contaminados as principais fontes de inóculo. As condições climáticas que favorecem a ocorrência da doença são temperatura igual ou superior a 25 °C e água livre no solo. Desse modo, chuvas no início do ciclo favorecem o apodrecimento de sementes e o tombamento de plântulas e chuvas durante o ciclo favorecem a ocorrência de escurecimento externo na haste e morte em plantas adultas.

A resistência genética é o principal método de controle da doença e pode ser combinada com o controle químico com fungicidas realizado via semente com metalaxil (Schmitthenner; Dorrance, 2015) e melhoria nas condições físicas do solo, especialmente com drenagem e descompactação. A rotação de culturas pode ser usada para evitar aumento do nível de inóculo no solo (Schmitthenner, 1999). Se não houver água em excesso no solo no início da safra de soja, cultivares com alta resistên-

cia parcial poderão escapar da doença e permanecer sadias durante a estação de cultivo (Dorrance et al., 2002).

Podridão vermelha da raiz

(*Fusarium brasiliense*, *F. crassistipitatum*, *F. tucumaniae*)

A podridão vermelha da raiz é encontrada em regiões produtoras de soja do Sul e dos Cerrados. O patógeno infecta as raízes, reduzindo sua massa e produz toxinas que são translocadas e provocam sintoma nas folhas (Roy, 1997), que consiste de manchas cloróticas que aparecem entre as nervuras, normalmente após o estádio R4 podendo ocorrer, em infestações severas, nos estádios vegetativos. Com o desenvolvimento da doença, as lesões tornam-se necróticas ou formam estrias cloróticas. Esse sintoma é conhecido como folha carijó, sendo que folhas severamente afetadas caem, mas seus pecíolos permanecem na haste (Nakajima et al., 1996).

O sintoma de infecção na raiz inicia-se com mancha avermelhada, mais visível na raiz principal, geralmente localizada 1 cm a 2 cm abaixo do nível do solo, circundando a raiz e passando da coloração vermelho-arroxeada para castanho-avermelhada a quase negra. Essa necrose acentuada localiza-se no córtex, enquanto que a medula da raiz adquire coloração, no máximo, castanho-clara, estendendo-se pelo tecido lenhoso da haste a vários centímetros acima do nível do solo.

Solos compactados, com acúmulo de água, favorecem a ocorrência da doença que aparece em reboleiras (Picinini; Fernandes, 2003). Para o manejo da doença deve-se evitar semeadura em solos compactados e mal drenados e fazer rotação/sucessão de culturas com sorgo e trigo (Rupe et al., 1997). No Brasil não há cultivares resistentes disponíveis.

Tombamento e morte em reboleira (*Rhizoctonia solani* AG4)

Na fase de plântula ocorre o estrangulamento da haste ao nível do solo, resultando em murcha e tombamento ou em sobrevivência temporária, com emissão de raízes adventícias acima da região afetada. O tombamento ocorre entre a pré-emergência e 30 a 35 dias após a emergência, sob condições de temperatura e umidade elevadas.

A morte de plantas adultas ocorre em manchas ou reboleiras (Ferreira et al., 1979), começando a partir do início do desenvolvimento das vagens. O sintoma inicia-se por podridão castanha e aquosa da haste, próximo ao nível do solo e estende-se para baixo e para cima. Em fase posterior, o sistema radicular adquire coloração castanho-escura, o tecido cortical fica mole e se solta com facilidade, expondo o lenho firme e de coloração branca a castanho-clara.

Na parte superior, as plantas infectadas apresentam clorose, as folhas murcham e ficam pendentes ao longo da haste. Na parte inferior da haste principal, a podridão evolui, atingindo vários centímetros acima do nível do solo. A área necrosada, geralmente, apresenta ligeiro afinamento em relação à parte superior (Nelson et al., 1996). O tecido cortical necrosado destaca-se com facilidade, dando a impressão de podridão superficial. Outro sintoma observado é a formação de uma espécie de cancro, em um dos lados da base da haste, com a parte afetada deprimida, estendendo-se a vários centímetros acima do nível do solo.

A ocorrência do tombamento pode ser reduzida por tratamento da semente com fungicida, para proteger contra o fungo presente no solo; rotação de culturas com gramíneas e bom manejo do solo, incluindo a eliminação de compactação, para evitar encharcamento.

Tombamento e murcha de *Sclerotium* (*Sclerotium rolfsii*)

A principal característica dessa enfermidade é a murcha de haste e pecíolos. O tombamento é consequência da perda de estrutura que mantém as plantas eretas. Na soja, pode haver tombamento em uma ou em várias linhas, entremeando com plantas sadias.

Essa doença ocorre, normalmente, em plantas jovens. Com o desenvolvimento das plantas, aparece uma formação cotonosa branca, na base da haste, onde se formam os escleródios, que são estruturas de sobrevivência do fungo.

Como não há cultivares resistentes, deve-se prevenir e/ou diminuir a ocorrência da doença adotando-se a rotação de culturas com espécies

como trigo, sorgo ou com pastagens e evitando-se semear em solos compactados, sujeitos a encharcamento.

Crestamento-bacteriano (*Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*)

A doença está presente em praticamente todas as regiões com cultivo de soja. A ocorrência é comum em folhas, mas pode ser encontrada em hastes, pecíolos e vagens (Zhao, 2015). Os sintomas nas folhas surgem como pequenas manchas, de aparência translúcida circundadas por halo de coloração verde-amarelada. Essas manchas, de formato angular, coalescem e necrosam, formando extensas áreas de tecido morto, entre as nervuras secundárias. Na face inferior da folha, as manchas são de coloração quase negra apresentando uma película brilhante nas horas úmidas da manhã.

A infecção primária pode ter origem em duas fontes: sementes infectadas e restos infectados de cultura anterior. Transmissões secundárias, das plantas doentes para as saúdes, são favorecidas por períodos úmidos e temperaturas médias amenas (20 °C a 26 °C). Dias secos permitem que finas escamas do exsudato da bactéria se disseminem dentro da lavoura, mas, para haver infecção o patógeno necessita de um filme de água na superfície da folha. Não há cultivares resistentes e não há medidas de controle indicadas para essa doença.

Mancha-bacteriana-marrom (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*)

Na safra 2011/2012 foi confirmada a ocorrência da mancha-bacteriana-marrom em lavouras de soja do Brasil, no Estado do Paraná (Soares et al., 2013).

Os sintomas consistem em lesões cloróticas nas folhas que, após searem no centro, adquirem coloração castanha a marrom. A morte de plântulas ocorre no caso de infecção precoce. As plantas mais velhas costumam sobreviver ao ataque, mas o crescimento e a produtividade podem ser reduzidos. Em alguns casos, sintomas de murcha também são observados em soja (Harveson; Vidaver, 2007). No Brasil apenas

as lesões foliares têm sido observadas e a doença tem ocorrência esporádica e de baixa intensidade, por isso não há medidas de controle indicadas.

A bactéria sobrevive em restos culturais, em sementes e no solo por, pelo menos, dois anos, e pode infectar as plântulas durante a germinação afetando as primeiras folhas (*Curtobacterium...*, 2011). A disseminação entre plântulas é lenta porque depende de fermentos produzidos pelo contato entre folhas durante chuvas e/ou ventanias (Harveson, 2015).

Mosaico comum da soja (*Soybean mosaic virus - SMV*)

Causa redução do porte das plantas, afetando o tamanho e o formato dos folíolos, com escurecimento da coloração e enrugamentos. Em alguns casos, há formação de bolhas no limbo foliar. O SMV causa também redução do tamanho das vagens e sementes e prolongamento do ciclo vegetativo, com sintoma característico de haste verde.

Pode causar o sintoma “mancha-café” em sementes, que é o derramamento do pigmento do hilo (Koshimizu; Iizuka, 1963). O vírus transmite-se pela semente; no entanto, a taxa de transmissão depende da estirpe do vírus e da cultivar de soja. As taxas de transmissão das estirpes comuns, na maioria das cultivares de soja suscetíveis têm sido menores que 5% (Lima Neto; Costa, 1979). O SMV disseminta-se no campo por pulgões. Embora, até o momento, nenhuma espécie de pulgão seja parásita da soja no Brasil, as picadas de prova permitem que o vírus seja disseminado a partir das plantas infectadas.

O controle dessa virose tem sido obtido pelo uso de cultivares resistentes.

Necrose da haste da soja (*Cowpea mild mottle virus - CPMMV*)

A necrose da haste da soja (CPMMV) foi relatada em Goiás, Mato Grosso, Bahia, Maranhão e Paraná (Almeida, 2008).

As plantas de soja atacadas pelo vírus, na fase inicial da lavoura, apresentam curvatura e queima do broto, podendo morrer ou originar plantas anãs, com folhas deformadas. Quando a infecção é tardia, nem todas as plantas morrem, mas há redução do número de vagens formadas, as quais podem apresentar pequenas lesões superficiais circulares e escuras ou lesões que cobrem toda a vagem. Corte longitudinal da haste mostra escurecimento da medula. As sementes podem ter seu tamanho reduzido. As plantas desenvolvem a necrose da haste, principalmente, após a floração. As folhas localizadas nos nós inferiores da planta apresentam aspecto de mosaico, com diferentes tonalidades de verde. As culturas suscetíveis podem apresentar perda total da produção. O vírus é transmitido pela mosca-branca (*Bemisia tabaci*) (Muniyappa; Reddy, 1983). Em virtude do grande fluxo de insetos nas lavouras, o controle químico é insatisfatório. A incidência de plantas mortas depende da população de mosca-branca e da presença de plantas hospedeiras. Ainda não são conhecidas as espécies vegetais onde o vírus se mantém, na entressafra (Almeida, 2008).

O vírus não se transmite pelas sementes. O controle pode ser obtido com o uso de cultivares tolerantes.

Nematoide de cisto (*Heterodera glycines*)

O nematoide de cisto da soja (NCS), *Heterodera glycines*, está presente em 10 estados (MG, MT, MS, GO, SP, PR, RS, BA, TO e MA) (Dias et al., 2009). Entretanto, não é de ocorrência generalizada e há muitas lavouras isentas do patógeno, localizadas em municípios considerados infestados. Assim, a prevenção é importante.

O NCS penetra nas raízes da soja e dificulta a absorção de água e nutrientes, resultando em porte reduzido das plantas e clorose na parte aérea, daí a doença ser conhecida como nanismo amarelo da soja. Os sintomas aparecem em reboleiras, geralmente, próximas de estradas ou carreadores. Em muitos casos, as plantas de soja acabam morrendo. Por outro lado, em regiões com solos mais férteis e com boa distribuição de chuva, os sintomas na parte aérea podem não se manifestar. Por isso, o diagnóstico definitivo exige sempre a observação do sistema radicular.

Na planta parasitada, o sistema radicular fica reduzido e apresenta, a partir dos 30-40 dias após a semeadura da soja, minúsculas fêmeas do nematoide, com formato de limão ligeiramente alongado e coloração branca. Com o passar do tempo, a coloração vai mudando para amarelo, marrom claro e, finalmente, a fêmea morre e seu corpo se transforma em uma estrutura dura de coloração marrom-escura, denominada cisto, que se desprende da raiz e fica no solo. Cada cisto contém, em média, cerca de 200 ovos. Por ser muito leve e apresentar alta resistência à deterioração e à dessecação, o cisto constitui-se em uma unidade muito eficiente de disseminação e de sobrevivência. Cada ovo tem no seu interior um juvenil de segundo estádio, que é a forma infectante do nematoide e para a qual devem estar voltadas todas as medidas de controle. A disseminação do NCS se dá, principalmente, pelo transporte de solo infestado. Isso pode ocorrer por meio de equipamentos agrícolas, de sementes mal beneficiadas que contenham partículas de solo (Niblack; Riggs, 2015), pelo vento, pela água e até por pássaros que, ao coletar alimentos do solo, podem ingerir junto os cistos.

Em áreas onde o NCS foi identificado, o produtor tem que conviver com o mesmo, uma vez que sua erradicação é praticamente impossível. Algumas medidas ajudam a minimizar as perdas, destacando-se rotação de culturas com plantas não hospedeiras e uso de cultivares resistentes, sendo o ideal a combinação dos dois métodos.

O planejamento da rotação é relativamente simples, em função da limitada gama de hospedeiros do NCS. Avaliações sobre o impacto do cultivo de espécies botânicas, de verão, não hospedeiras de *H. glycines* (arroz, algodão, sorgo, mamona, milho e girassol) na população do nematoide, mostraram que a substituição da soja por uma delas, por uma safra, reduz a população permitindo o retorno da soja suscetível na safra seguinte, na maioria das condições. Contudo, com um único cultivo de soja suscetível, a população do NCS volta a crescer, havendo necessidade, na safra seguinte, retornar à rotação com a espécie não hospedeira ou, então, semear uma cultivar de soja resistente. Por sua vez, com dois ou três anos seguidos de milho, pode-se, na maioria das situações,

voltar com a soja suscetível por dois anos seguidos, sem riscos de perda (Garcia et al., 1999).

Essas indicações são válidas para condições em que o solo esteja com o pH e a saturação por bases nos níveis indicadas, conforme a região. O cultivo de plantas não hospedeiras na entressafra (maio a agosto) não é boa opção para redução da população do nematoide. Assim, a rotação de culturas não deve ser substituída pela sucessão de culturas. Por outro lado, a presença de soja voluntária (tiguera) ou de espécies hospedeiras na área, durante a entressafra, contribui para aumentar o inóculo para a safra de verão seguinte.

Existe no Brasil carência de cultivares de soja resistentes ao NCS. Outra dificuldade é que, para facilitar o manejo da ferrugem-asiática, o agricultor passou a optar por cultivares de soja precoces, o que não é o caso da maioria das cultivares resistentes ao NCS liberadas. A enorme variabilidade genética do patógeno também tem contribuído para que a vida útil das cultivares resistentes seja diminuída. A adoção de um esquema de rotação que envolva culturas não hospedeiras, cultivar suscetível e cultivar resistente, por exemplo, milho/soja resistente/soja suscetível, é o ideal. Possivelmente, isso preservaria a resistência da cultivar.

Nematoides de galhas (*Meloidogyne* spp.)

Entre os nematoides de galhas, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* são as espécies mais importantes para a cultura da soja no Brasil. *Meloidogyne javanica* tem ocorrência generalizada, enquanto que *M. incognita* predomina em áreas cultivadas anteriormente com café ou algodão (Dias et al., 2007).

Nas lavouras de soja com problemas de nematoides de galhas, geralmente, observam-se reboleiras, onde as plantas ficam pequenas e amareladas. As folhas das plantas afetadas às vezes apresentam manchas cloróticas ou necroses entre as nervuras, caracterizando a folha carijó. Pode não ocorrer redução no tamanho das plantas, mas, por ocasião do florescimento, nota-se intenso abortamento de vagens e amadurecimen-

to prematuro das plantas. Em anos em que acontecem veranicos na fase de enchimento de grãos, os danos tendem a ser maiores.

Nas raízes das plantas atacadas observam-se galhas em número e tamanho variados, dependendo da suscetibilidade da cultivar e da densidade populacional do nematoide no solo. No interior das galhas, estão localizadas as fêmeas do nematoide. Essas possuem coloração branco-pérola e têm o formato de pera.

A rotação/sucessão de culturas para o controle dos nematoides de galhas deve ser bem planejada, uma vez que a maioria das espécies cultivadas multiplica uma ou mais espécies de *Meloidogyne* (Ferraz, 2001). O cultivo prévio de espécies hospedeiras aumenta os danos na soja semeada na sequência. Da mesma forma, a presença de plantas daninhas na área também possibilita a reprodução e a sobrevivência do parasita. A escolha da rotação deve basear-se também na viabilidade técnica e econômica da cultura na região, sendo bastante variável de um local para outro. Para recuperação da matéria orgânica e da atividade microbiana do solo e para possibilitar o crescimento da população de inimigos naturais do nematoide, também é importante incluir adubos verdes resistentes na rotação/sucessão. A adubação verde com *Crotalaria spectabilis*, *C. grantiana*, *C. mucronata*, *C. paulinea*, mucuna-preta, mucuna-cinza ou nabo-forrageiro contribui para a redução populacional de *M. javanica* e de *M. incognita*. Em áreas infestadas por *M. javanica*, indica-se rotação da soja com amendoim, algodão, mamona, milho, sorgo ou milheto resistentes. Quando *M. incognita* for predominante, podem ser semeados o amendoim, o milho, o sorgo ou o milheto resistentes (Dias et al., 2007).

Há cultivares de soja resistentes ou moderadamente resistentes a *M. incognita* e/ou a *M. javanica* desenvolvidas pela Embrapa e por parceiros, disponíveis no Brasil. Como os níveis de resistência dessas cultivares não são altos, em condições de elevadas populações do nematoide no solo, a utilização da cultivar resistente deverá ser precedida de rotação com uma cultura não hospedeira ou hospedeira desfavorável.

Nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*)

O nematoide das lesões radiculares é amplamente disseminado no Brasil. Contudo, são raros os estudos sobre os efeitos do seu parasitismo nas diversas culturas. No caso da soja, especialmente no Brasil Central, as perdas têm aumentado (Dias et al., 2010). Esse nematoide foi beneficiado por mudanças no sistema de produção e a incorporação de áreas com solos de textura arenosa (< 15% de argila) aumentou a vulnerabilidade da cultura.

Embora a intensidade dos sintomas apresentados pelas lavouras de soja atacadas por *P. brachyurus* seja dependente de alguns fatores, como por exemplo, a textura do solo, em geral o que chama a atenção é a presença, ao acaso, de reboleiras onde as plantas ficam menores, mas continuam verdes. As raízes das plantas parasitadas apresentam-se, parcial ou totalmente, escurecidas, em consequência do ataque às células do parênquima cortical, onde o patógeno injeta toxinas durante o processo de alimentação. A movimentação do nematoide na raiz também desorganiza e destrói células (Ferraz; Monteiro, 1995).

Pratylenchus brachyurus também pode parasitar aveia, milho, milheto, girassol, cana-de-açúcar, algodão, amendoim, entre outras, alguns adubos verdes e a maioria das plantas daninhas, o que dificulta a escolha de espécies vegetais para inclusão na rotação/sucessão com a soja. Existe diferença, entre e dentro de espécies vegetais, com relação à capacidade de multiplicar o nematoide. Espécies resistentes, ou seja, com fatores de reprodução (FR) < 1,0, como em algumas crotalárias (Ribeiro et al., 2007), devem ser preferidas para semeadura nas áreas infestadas. Na ausência de espécies vegetais resistentes, o agricultor deve optar por semear genótipos com FR menores, ou seja, que multipliquem menos o nematoide, como por exemplo, alguns híbridos de milheto ou sorgo.

Como a interação de *P. brachyurus* com a soja é menos complexa, as chances de serem encontradas fontes de resistência são menores (Townshend, 1990). O comportamento das cultivares brasileiras de soja em áreas infestadas também não tem indicado a existência de materiais resistentes ou tolerantes.

Nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*)

O algodão é a cultura mais afetada por *Rotylenchulus reniformis*. Entretanto, dependendo da cultivar e da população do nematoide no solo, também podem ocorrer danos na cultura da soja. O nematoide reniforme vem aumentando em importância na cultura da soja, em especial no centro-sul do Mato Grosso do Sul. É considerado um dos principais problemas da cultura em Maracaju e em Aral Moreira e está disseminado em outros 19 municípios desse estado (Asmus, 2005). Estima-se que, atualmente, o nematoide ocorra em altas densidades populacionais em municípios que respondem por 29% da área cultivada com soja no MS. Na safra 2006/2007, houve relatos de danos em propriedades dos municípios de Bela Vista do Paraíso e de Cornélio Procópio, no norte do Paraná.

Os sintomas diferem um pouco daqueles causados por outros nematoídes. Lavouras de soja cultivadas em solos infestados caracterizam-se pela expressiva desuniformidade, com extensas áreas de plantas subdesenvolvidas que, em muito, assemelham-se a problemas de deficiência mineral ou de compactação do solo. Tampouco há ocorrência de reboleiras típicas. Não há formação de galhas, o sistema radicular apresenta-se mais pobre e, em alguns pontos da raiz, é possível observar uma camada de terra aderida às massas de ovos do nematoide, que são produzidas externamente. As fêmeas de *R. reniformis* formam massas de ovos (50 a 120 ovos por massa) sobre a superfície das radicelas. Fêmeas sexualmente imaturas, ainda vermiformes, constituem a forma infectante. Essas migram no solo à procura das raízes da soja ou de outro hospedeiro, penetrando-as até atingir a região anterior ao periciclo. Ali, após incitarem o aparecimento de células nutritivas na região do periciclo, passam a se alimentar e tornam-se sedentárias. Seus corpos vão se avolumando gradualmente e, ao alcançarem a maturidade sexual, a porção que ficou fora da raiz adquire conformação semelhante à de um rim, daí a denominação nematoide “reniforme”.

Ainda, diferentemente das demais espécies que ocorrem na soja, o nematoide reniforme não parece ter sua ocorrência limitada pela textura do

solo, ocorrendo tanto em solos arenosos quanto em argilosos. Nesses últimos, normalmente é a espécie de nematoide predominante (Asmus; Martins, 2004).

Para o controle do nematoide reniforme, deve ser adotada a rotação/ sucessão com culturas não hospedeiras e a utilização de cultivares resistentes, se disponíveis. A patogenicidade desse nematoide ao algodoeiro, ao qual é muito danoso, limita os programas de rotação de culturas. Milho, arroz, amendoim e braquiária, essa com potencial de utilização em um esquema de integração lavoura/pecuária, são resistentes e podem ser utilizados em rotação com a soja ou com o algodão. Das plantas cultivadas no outono/inverno e utilizadas como coberturas em sistemas de semeadura direta, são resistentes braquiária, nabo forrageiro, sorgo forrageiro, aveia preta, milheto e capim pé-de-galinha. Deve-se evitar o cultivo de amaranto e quinoa, ambas suscetíveis. Como pode existir variação entre cultivares/híbridos das diferentes espécies vegetais, testes prévios de hospedabilidade são sempre necessários (Dias et al., 2010). Pelo fato do nematoide reniforme ser muito persistente no solo, dependendo da densidade populacional, pode haver necessidade de, pelo menos, dois anos de cultivo com espécie não hospedeira.

Nematoide da haste verde da soja (*Aphelenchoides besseyi*)

Aphelenchoides besseyi causa haste verde e retenção foliar em soja, doença que ficou conhecida como “soja louca II”. Em regiões quentes e úmidas, onde é mais severa, pode causar perdas de até 100% do rendimento nas partes mais atacadas das lavouras (Meyer et al., 2017).

Os nematoides podem sobreviver no solo ou em restos culturais e migram para a parte aérea das plantas, em períodos com chuvas frequentes e temperaturas médias acima de 28 °C. Alimentam-se nos tecidos mais tenros e ricos em açúcares, como os racemos florais e as folhas mais jovens, causando lesões necróticas e deformações dos tecidos. Isso pode ocorrer desde o início do desenvolvimento vegetativo das plantas, mas os sintomas ficam mais evidentes nos estádios reprodutivos (Meyer et al., 2019).

As plantas apresentam folhas com coloração verde mais escuro, menor pilosidade, afilamento e embrulhamento no limbo foliar. Podem ocorrer, também, lesões necróticas angulares de coloração pardo-avermelhada a marrom. Nas hastes ocorrem engrossamento dos nós, caneluras e retorcimento dos entrenós do topo das plantas. Ocorre acentuado abortamento de flores e, em alguns casos, rosetamento dos racemos florais. Há redução no número de vagens e as remanescentes, geralmente, apresentam deformações e lesões necróticas marrons. Os grãos formados nessas vagens normalmente permanecem verdes e apodrecem com o passar do tempo. As plantas afetadas não completam o ciclo, permanecendo verdes, com retenção foliar. (Meyer et al., 2017).

A disseminação ocorre pelo contato entre folhas doentes e sadias na presença de água da chuva ou de orvalho ou de irrigação. Durante a colheita pode haver dispersão do nematoide por meio de resíduos de plantas doentes expelidos pelas colhedoras. (Favoreto; Meyer, 2017).

Além da soja, *A. besseyi* tem outros hospedeiros entre espécies cultivadas, como algodão, feijão e feijão-caupi. Dentre as plantas daninhas destacam-se a trapoeraba, o cordão-de-frade, o caruru e o agriãozinho-do-pasto (Favoreto; Meyer, 2018).

Indica-se a semeadura da soja sobre palhada de plantas completamente mortas (dessecação com 15 a 20 dias de antecedência); o controle de plantas daninhas logo no início do desenvolvimento da soja, em pós-emergência; cultivar milho em segunda safra quando possível e evitar a sucessão da soja com outras plantas hospedeiras (Meyer; Klepker, 2015).

Referências

- ALMEIDA, A. M. R. **Viroses da soja no Brasil:** sintomas, etiologia e controle. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 62 p. (Embrapa Soja. Documentos, 306).

ASMUS, G. L. Evolução da ocorrência de *Rotylenchulus reniformis* em Mato Grosso do Sul, durante o quinquênio 2001/2005. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio, PR. **Resumos...** Londrina, PR: Embrapa Soja: Fundação Meridional, 2005. p. 221-222.

ASMUS, G. L.; MARTINS, F. A. Análise de correlação entre a variabilidade espacial do nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) e atributos da fertilidade do solo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 26., 2004. Ribeirão Preto. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: Fundação Meridional, 2004. p. 135-136.

BONATO, E. R.; COSTAMILAN, L. M. Reações de cultivares de soja à infecção natural de *Phialophora gregata* em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 156, 1992. (Resumo).

BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, v. 20, p. 254-255, 1980.

COSTAMILAN, L. M.; YORINORI, J. T.; ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; BINNECK, E.; ARAÚJO, M. R.; CARBONARI, J. A. First report of *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora* infecting soybean plants in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 5, p. 385-389, 2008.

COSTAMILAN, L. M.; CLEBSCH, C. C.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; GODOY, C. V. Caracterização da diversidade da população patogênica de *Phytophthora sojae* do Brasil. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 33., 2013, Londrina, PR. **Resumos expandidos...** Londrina, PR: Embrapa Soja, 2013. p. 77-79.

COSTAMILAN, L. M.; LHAMBY, J. C. B. Incidência de podridão parda da haste de soja em diferentes sistemas de rotação de culturas. In: REUNIÃO CENTRO-SUL DE ADUBAÇÃO VERDE E ROTAÇÃO DE CULTURAS, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1994. p. 111-112. (Embrapa-CNPT. Documentos, 14).

CURTOBACTERIUM flaccumfaciens pv. *flaccumfaciens*. OEPP/EPPO Bulletin, v. 41, p. 320-328, 2011.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, v. 96, p. 797-803, 2006.

DIAS, W. P.; ASMUS, G. L.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematoides. In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Ed.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. p.173-206.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S.; GARCIA, A.; ARIAS, C. A. A. Nematoides de cisto da soja: biologia e manejo pelo uso da resistência genética. **Nematologia Brasileira**, v. 33, p.1-16, 2009.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematode de importância para a soja no Brasil. In: **Boletim de Pesquisa de Soja 2007**. Rondonópolis: FUNDAÇÃO MT, 2007. p. 173-183.

DORRANCE, A. E.; LIPPS, P. E.; MILLS, D. **Phytophthora damping off and root rot of soybean**. Columbus: Ohio State University, [2002]. (Extension Fact Sheet, AC-17-02).

DORRANCE, A. E.; MILLS, D. R. **Brown stem rot of soybean**. Columbus: The Ohio State University, 2008. (Fact Sheet Agriculture and Natural Resources, AC-35-08).

DUNLEAVY, J. M. Yield reduction on soybeans caused by downy mildew. **Plant Disease**, v. 71, p. 1112-1114, 1987.

FARR, D. F.; ROSSMAN, A. Y. **Fungal databases**. In: U.S. NATIONAL Fungus Collections. USDA. ARS, 2019. Disponível em: nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/. Acesso em 26 jun. 2018.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. Diagnose, hospedeiros e manejo de *Aphelenchoides besseyi*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 35., 2018, Bento Gonçalves; **Nematologia: problemas emergentes e estratégias de manejo**. Anais, Palestras e Resumos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2018. p. 60-62.1 CD-ROM.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. Soja louca II: uma nova doença da soja no Brasil. In: GALHARDI JUNIOR, A.; POZZER, D. (Ed.). **Boletim de pesquisa 2017/2018**. Rondonópolis: Fundação MT, 2017. p. 146-148. (Fundação MT. Boletim de pesquisa, 18).

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

FERRAZ, L. C. C. B. As meloidogynoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J. F. V. (Ed.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p.15-38.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 168-201.

FERREIRA, L. P.; LEHMAN, P. S.; ALMEIDA, A. M. R. **Doenças da soja no Brasil**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1979. 41 p. (Embrapa-CNPSO. Circular Técnica, 1).

FRAC. **Informação preliminar sobre carboxamidas para mancha alvo**. Holambra, 2018a. 2 p. Comunicado 122018. Disponível em: https://3f2c8573-584c-4b-16-985f-14dc48f9ab81.filesusr.comugd85b1d3_75c39b4ea047493bb3614c-807ce38266.pdf. Acesso em: 06 jun. 2019.

FRAC. **Minutes of the 2018 QoI WG Meeting and Recommendations for 2019**. 2018b. 25 p. Disponível em: www.frac.infodocsdefault-sourceqoi-wgqoi-meeting-minutesminutes-of-the-2018-qoi-wg-meeting-and-recommendations-for-2019-telco-update-june-2019.pdfsfvrsn=9a3c489a_2. Acesso em: 06 jun. 2019.

GALBIERI, R.; ARAÚJO, D. C. E. B.; KOBAYASTI, L.; GIROTTTO, L.; MATOS, J. N.; MARANGONI, M. S.; ALMEIDA, W. P.; MEHTA, Y. R. **Corynespora Leaf Blight of Cotton in Brazil and Its Management**. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 3805-3811, 2014.

GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; PEREIRA, J. E.; DIAS, W. P. Rotação de culturas e manejo do solo para controle do nematoide de cisto da soja. In: Sociedade Brasileira de Nematologia (Ed.) **O nematoide de cisto da soja: a experiência brasileira**. Jaboticabal: Artsigner Editores, 1999. p. 55-70.

GARZONIO, D. M.; MC GEE, D. C. Comparison of seed and crop residues as sources of inoculum for pod and stem blight of soybeans. **Plant Disease**, v. 67, p. 1374-1376, 1983.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; DIAS, A. R.; BULHÕES, C. C.; PIMENTA, C. B.; MIGUEL-WRUCK, D. S.; MOREIRA, E. N.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BORGES, E. P.; SIQUERI, F. V.; ARAUJO JUNIOR, I. P.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; BELUFI, L. M. R.; CARREGAL, L. H.; VOLF, M. R.; GOUSSAIN, M.; DIAS, M. D.; MARTINS, M. C.; CARLIN, V. J. **Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na safra 2017/18:** resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2018a. 6 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 139). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094412/eficiencia-de-fungicidas-para-o-controle-da-mancha-alvo-corynespora-cassiicola-na-cultura-da-soja-na-safra-2017/18-resultados-sumarizados-dos-ensaios-cooperativos>. Acesso em: 10 abr. 2018.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. O. N.; DIAS, A. R.; DEUNER, C. C.; PIMENTA, C. B.; BORGES, E. P.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; ARAUJO JUNIOR, I. P.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; CARREGAL, L. H.; SATO, L. N.; DE-BORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J.; VENANCIO, W. S. **Eficiência de fungicidas multissítios no controle da ferrugem asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18:** resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2018b. 17 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica 144). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1097030/1/CT144multissitos.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2018.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; PIMENTA, C. B.; BORGES, E. P.; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; NUNES JUNIOR, J.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C.; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; MADALOSO, M.; VOLF, M. R.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; MONTECELLI, T. D. N.; CARLIN, V. J.; VENANCIO, W. S. **Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na safra 2012/13:** resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2013, 6 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 100). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90450/1/CT100.pdf>. Acesso em: 12 maio 2014.

HARTMAN, G. L. Brown spot. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests.** 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015a. p. 36-37.

HARTMAN, G. L. Powdery mildew. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests.** 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015b. p. 51-52.

HARVESON, R. M. Bacterial wilt and bacterial tan spot. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests.** 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 21-24.

HARVESON, R. M.; VIDAVER, A. K. First report of the natural occurrence of soybean bacterial wilt isolates pathogenic to dry beans in Nebraska. **Plant Health Progress**, 2007. DOI:10.1094/PHP-2007-0822-01-BR. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/brief/2007/drybean/>>. Acesso em: 02 maio 2014.

HOBBS, T. W.; SCHMITTHENNER, A. F.; ELLET, C. W.; HITE, R. E. Top die-back of soybean caused by *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*. **Plant Disease**, v. 65, p. 618-620, 1981.

HUGUES, T. J.; GRAU, C. R. Influence of soybean monoculture on *Phialophora gregata* f. sp. *sojae* IGS-genotype B isolate aggressiveness. **Plant Disease**, v. 94, p. 69-74, 2010.

KENDIG, S. R.; RUPE, J. C.; SCOTT, H. D. Effect of irrigation and soil water stress on densities of *Macrophomina phaseolina* in soil and roots of two soybean cultivars. **Plant Disease**, v. 84, p. 895-900, 2000.

KLOSOWSKI, A. C.; MAY DE MIO, L. L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, 2015. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.4099/full>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

KOSHIMIZU, Y.; IIZUKA, D. N. Studies on soybean virus diseases in Japan. **Tohoku National Agricultural Experiment Station Bulletin**, v. 27, p. 1-103, 1963.

LIMA NETO, V. C.; COSTA, A. S. Influência da idade da planta e número de vetores na transmissão do mosaico comum da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 4, p. 397-400, 1979.

MALVICK, D. K.; GRAU, C. R.; GRAY, L. E. Brown stem rot. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 64-67.

MELLO, F. E. **Variabilidade genética e sensibilidade de *Cercospora kikuchii*, *Colletotrichum truncatum* e *Corynespora cassiicola* a fungicidas**. 2019. Tese (Dourado em Fitopatologia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

MENGISTU, A.; WRATHER, A.; RUPE, J. C. Charcoal rot. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 67-69.

MEYER, M. C.; BUENO, C. J.; SOUZA, N. L.; YORINORI, J. T. Effect of doses of fungicides and plant resistance activators on the control of Rhizoctonia foliar blight of soybean, and on *Rhizoctonia solani* AG1-IA in vitro development. **Crop Protection**, v. 25, p. 848-854, 2006.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M. (Ed.). **Ensaio cooperativo de controle químico de mofo branco na cultura da soja: safras 2009 a 2012**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 100 p. (Embrapa Soja. Documentos, 345).

MEYER, M. C.; FAVORETO, L.; KLEPKER, D.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C. Soybean green stem and foliar retention syndrome caused by *Aphelenchoides besseyi*. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 5, p. 403-409, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40858-017-0167-z>.

MEYER, M. C.; KLEPKER, D. Efeito do manejo de solo e sistemas de cultivo na incidência de Soja Louca II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 48.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA PÓS COLHEITA, 2., 2015, São Pedro. **Fitopatologia de Precisão - Fronteiras da Ciência: Anais**. Botucatu: SBF, 2015. 1 CD-ROM.

MEYER, M. C.; KLEPKER, D. Manejo da antracnose em soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 31-33, 2007. Suplemento.

MUNIYAPPA, V.; REDDY, D. V. R. Transmission of *Cowpea mild mottle virus* by *Bemisia tabaci*. **Plant Disease**, v. 67, p. 391-393, 1983.

NAKAJIMA, T.; MITSUEDA, T; CHARCHAR, M. J. D. First occurrence of sudden death syndrome of soybean in Brazil. **Japanese Agricultural Research Quarterly**, v. 30, n. 1, p. 31-34, 1996.

NELSON, B.; HELMS, T.; CHRISTIANSON, T.; KURAL, I. Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* from soybean. **Plant Disease**, v. 80, p. 74-80, 1996.

NIBLACK, T. L.; RIGGS, R. D. Soybean cyst nematode. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 100-104.

PHILLIPS, D. V. Downy mildew In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 41-43.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. **Doenças de soja: diagnose, epidemiologia e controle**. 3. ed. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2003. 103 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 16).

REIS, E. M.; ZANATTA, M.; REIS, A. C. **Mofo-branco da soja**. Passo Fundo: Berthier, 2019. 96 p.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, M.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A. Avaliação da reação de espécies vegetais ao nematoide das lesões radiculares. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja: UNIDERP, 2007. p. 64-65.

ROY, K. W. *Fusarium solani* on soybean roots: nomenclature of the causal agent of sudden death syndrome and identity and relevance of *F. solani* form B. **Plant Disease**, v. 81, p. 259-266, 1997.

RUPE, J. C. Stem canker. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 85-88.

RUPE, J. C.; ROBBINS, R. T.; GBUR JR, E. E. Effect of crop rotation on soil population densities of *Fusarium solani* and *Heterodera glycines* and on the development of sudden death syndrome of soybean. **Crop Protection**, v. 16, p. 575-580, 1997.

SCHMITTHENNER, A. F. Phytophthora rot. In: HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. 4th ed. Saint Paul: APS Press, 1999. p. 39-42.

SCHMITTHENNER, A. F.; DORRANCE, A. E. Phytophthora root and stem rot. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 73-76.

SCHMITZ, H. K.; MEDEIROS, A. C.; CRAIG, I. R.; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-outside-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 7, p. 378-88, 2014.

SIMÕES, K.; HAWLIK, A.; REHFUS, A.; GAVA, F.; STAMMLER, G. First detection of a SDH variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, p. 21-26, 2018.

SOARES, R. M.; FANTINATO, G. G. P.; DARBEN, L. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; SEIXAS, C. D. S.; CARNEIRO, G. E. S. First report of *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* on soybean in Brazil. *Tropical Plant Pathology*, v. 38, p. 452-454, 2013.

TOWNSHEND, J. L. Methods for evaluating resistance to lesion nematodes, *Pratylenchus* species. In: STARR, J. L. (Ed.) **Methods for evaluating plant species for resistance to plant-parasitic nematodes**. Hyattsville: The Society of Nematologists. 1990. p. 33-41.

WARD-GAUTHIER, N. A.; SCHNEIDER, R. W.; CHANDA, A.; SILVA, E. C.; PRICE III, P. P.; CAI, G. Cercospora leaf blight and purple seed stain. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 37-41.

YANG, X. B.; DOWLER, W. M.; TSCHANZ, A. T. A simulation model for assessing soybean rust epidemics. *Journal of Phytopathology*, v.133, p.187-200, 1991.

YORINORI, J. T. **Cancro da haste da soja**: epidemiologia e controle. Londrina: Embrapa Soja, 1996. 75 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 14).

YORINORI, J. T.; ALMEIDA, A. M. R.; HOMECHIN, M.; MIRANDA, L. C.; KIIHL, R. A. S.; POLA, J. N. Epifitio do cancro da haste da soja nos municípios de Castro, Palmeira, Ponta Grossa e Tibagi no Paraná e Rondonópolis, no Mato Grosso, na safra de 1989/89. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 5., 1989, Campo Grande. **Resumos...** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1989. p. 22-23.

ZHAO, Y. F. Bacterial blight. In: HARTMAN, G. L.; RUPE, J. C.; SIKORA, E. J.; DOMIER, L. L.; DAVIS, J. A.; STEFFEY, K. L. (Ed.). **Compendium of soybean diseases and pests**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 18-19.

Capítulo 11

Plantas daninhas e seu controle

*Dionisio Luiz Pisa Gazziero, Fernando Storniolo
Adegas, Elemar Voll*

Controlar plantas daninhas ajuda na manutenção de altos rendimentos, não só na soja, mas em qualquer exploração agrícola. As plantas infestantes podem interferir diretamente na produtividade, pela competição por recursos do ambiente, ou indiretamente, pela redução do coeficiente técnico de colheita e o aumento do percentual de impureza e de umidade dos grãos.

Vários métodos de controle podem ser utilizados para solucionar o problema das plantas infestantes. Como as plantas daninhas possuem mecanismos eficientes de multiplicação e dispersão, a prevenção na introdução de novas espécies na área de produção é uma das melhores alternativas, especialmente nos dias atuais em que os problemas com a resistência aos herbicidas têm aumentado. Entre as práticas de prevenção estão o uso de sementes de boa procedência e a eliminação dos primeiros focos de infestação. Uma colhedora que opera em diferentes áreas também pode iniciar a contaminação por novas espécies, por isso sua limpeza é uma importante forma de prevenção. Como a limpeza constante de máquinas nem sempre é possível durante os períodos de colheita, é fundamental a observação posterior da área para a retirada das novas espécies, antes que produzam sementes.

Os métodos de controle químico, físico (manual ou mecânico) e cultural, quando utilizados de forma integrada, permitem maior eficiência de controle do que o uso isolado dos mesmos. O controle físico pode ser altamente eficiente, quando utilizado para complementar o método químico. O controle cultural consiste na utilização de técnicas de manejo da cultura ou qualquer ação que propicie melhor desenvolvimento da soja, em detrimento da planta daninha. Envolve época, densidade, espaçamento e uniformidade de semeadura, adubação calibrada, cultivar adaptada, rotação de culturas e sistemas diversificados. O controle químico é amplamente adotado por ser economicamente acessível, por reduzir a mão de obra e por permitir aplicações com rapidez, quando comparado com a capina.

Para que a aplicação dos herbicidas seja segura, eficiente e econômica, exigem-se técnicas adequadas na escolha e no uso dos herbicidas. O reconhecimento prévio das comunidades infestantes predominantes nas áreas é condição básica para a escolha adequada do produto. Os herbicidas têm sua eficiência aumentada quando aplicados em condições que lhes são favoráveis, por isso é fundamental que se conheça as especificações de cada produto, assim como deve haver precisão na regulagem do pulverizador e observação das condições climáticas.

Manejo de plantas daninhas na entressafra

Os períodos de pousio entre os cultivos (entressafra) representam a possibilidade de reduzir ou aumentar a densidade de espécies, como amendoim-bravo (*Euphorbia herophylla*), picão-preto (*Bidens pilosa* e *Bidens subalternans*) buva (*Conyza bonariensis*, *C. canadensis*, *C. sumatrensis*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*), entre outras. Essa produção de sementes somada às já existentes no solo infesta a soja cultivada posteriormente, com maior pressão do que as áreas bem manejadas nesse período.

O manejo na entressafra representa a oportunidade de se trabalhar a área no momento ideal para eliminar plantas invasoras, pela oportunidade de se utilizar herbicidas e doses sem maiores riscos de fitointoxicação.

ção. Esse é o momento em que se pode utilizar produtos não seletivos como paraquate, paraquate + diuron, diquate, glifosato, 2,4-D, amonio-glufosinato, saflufenacil e outros, além de ser possível combinar esses herbicidas com outros, com ou sem ação residual. O número de aplicações e as doses a serem utilizadas variam em função da comunidade presente na área e do estádio de desenvolvimento das plantas.

Nesses períodos, também é importante o controle das plantas voluntárias, como a soja, que poderá se tornar hospedeira de *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem-asiática) e de agentes causais de outras doenças ou pragas. Com a obrigatoriedade do vazio sanitário na maioria das regiões produtoras de soja, o ideal é a readequação das aplicações de entressafra, buscando não somente atender às exigências da lei, mas também promover o manejo da população de plantas daninhas como um todo.

As aplicações sequenciais na entressafra têm proporcionado excelentes resultados, principalmente quando se tratar de espécies de difícil controle, como por exemplo, buva, capim-amargoso e trapoeraba (*Commelina benghalensis*). Em áreas com longo intervalo entre a colheita de uma cultura (como a do milho safrinha) e a semeadura da soja, a primeira aplicação deve ser feita cerca de 15 a 20 dias após a colheita do milho e a segunda no rebrote das plantas, cujo período é variável de acordo com cada situação de desenvolvimento das infestantes.

Aplicações que não obedeçam às recomendações técnicas do produto podem provocar danos na própria soja e às culturas vizinhas suscetíveis. Um exemplo é o que pode acontecer com deriva de 2,4-D em áreas vizinhas cultivadas com videira, algodão, feijão, café, etc., ao se fazer aplicações sem a observação dos critérios necessários.

A utilização de espécies de inverno para produção de palhada visando sua utilização como cobertura morta é uma alternativa que tem possibilitado a substituição ou a redução do uso de herbicidas em semeadura direta. Em semeadura direta sobre pastagem, na integração lavoura-pecuária, o período entre a dessecação e a semeadura da soja varia, em

geral, de 20 a 40 dias. Para espécies como *Urochloa decumbens*, *U. brizantha* e *Panicum maximum* cv. *Tanzânia*, a dessecação com 30 dias de antecedência é suficiente, com glifosato, na dose entre 1440 g e 1800 g e.a./ha. Para *Paspalum notatum*, conhecida como grama matogrosso, *U. humidicola* e *Panicum maximum* cv. *mombassa*, o período varia de 30 a 40 dias, com glifosato na dose de 1800 g e.a./ha a 2160 g e.a./ha (Tecnologias..., 2013). As áreas que utilizaram o herbicida picloram, para o controle das plantas daninhas da pastagem, podem apresentar resíduos que prejudicam a soja, podendo, até, causar morte das plantas. Poderá ser necessário um período de dois anos para que os resíduos sejam degradados e o cultivo da soja viabilizado na área.

Manejo de plantas daninhas na soja

A soja resistente ao glifosato (soja RR) representou uma significativa alteração na forma de se fazer o controle de espécies daninhas, quando comparada à soja convencional. No lugar dos vários herbicidas e combinações, passou-se a utilizar somente o glifosato, uma mudança que além da facilidade, também solucionou uma série de outros problemas e inconvenientes. Por isso, atualmente cerca de 97% da área cultivada no Brasil é semeada com cultivares RR, mas, mesmo com uma tecnologia tão importante, os conceitos de manejo não devem ser alterados, tanto no que se refere ao uso de herbicidas, quanto a qualquer outra tecnologia de produção. Plantas daninhas se adaptam às práticas adotadas nas áreas de produção. Após pouco tempo do lançamento da tecnologia da soja RR, muitas áreas manejadas de forma inadequada foram obrigadas a utilizar vários produtos além do glifosato. Rotação de culturas, de herbicidas, manejo cultural e sistemas de produção diversificados representam algumas das técnicas que devem ser utilizadas. Do ponto de vista do manejo da resistência das plantas daninhas, a rotação de soja resistente ao glifosato, com cultivares de soja convencional (não resistentes a esse herbicida) é uma boa alternativa para alternar o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação.

O glifosato é um herbicida de amplo espectro de ação, que pode ser utilizado em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas daninhas.

Entretanto, seu uso em pós-emergência na cultura da soja transgênica deve estar associado às informações já conhecidas sobre as relações de interferência entre plantas daninhas e a soja, estádios de desenvolvimento da cultura, densidade de infestação, etc. Após a emergência da soja pode ser feita aplicação única ou sequencial, sempre observando as informações técnicas já citadas, principalmente quando se tratar de espécies tolerantes como trapoeraba, erva-quente (*Spermacoce latifolia*), erva-de-touro (*Tridax procumbens*), capim-de-rhodes ou capim-branco (*Chloris spp.*) e corda-de-viola (*Ipomoea spp.*), entre outras. Importante alertar para a necessidade de se observar o intervalo de carência de 53 dias entre a última aplicação de glifosato e a colheita para evitar resíduos do produto na cultura.

Na soja convencional, são utilizados os herbicidas que estavam no mercado antes do advento da soja RR. Os maiores problemas para a obtenção de resultados satisfatórios com esses produtos estão relacionados à resistência de determinados biótipos aos herbicidas convencionais, especialmente os inibidores da ALS, à limitação da época de aplicação, ao baixo espectro de ação da maioria dos herbicidas e aos riscos de fitointoxicação da cultura.

Resistência aos herbicidas

Vários casos de resistência de plantas daninhas aos herbicidas inibidores da enzima 5-enolpiruvato- shiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS-glifosato), da enzima Acetyl-CoA Carboxylase (ACCase), da enzima Acetolactato Sintase (ALS), da enzima Protoporfirinogênio Oxidase (PROTOX) e de outros mecanismos de ação foram relatados no Brasil. Dez biótipos resistentes aos inibidores da enzima EPSPS (glifosato) já foram identificados no Brasil e incluem as espécies *Conyza bonariensis* (buva), *Conyza canadensis* (buva), *Conyza sumatrensis* (buva), *Lolium multiflorum* (azevém), *Digitaria insularis* (capim-amargoso), *Chloris elata* (sin. *Cloris polydactyla*), *Amaranthus palmeri* (espécie de caruru), *Eleusine indica* (capim pé-de-galinha), *Amaranthus hybridus* (caruru) e *Euphorbia heterophylla* (amendoim-bravo). Na Tabela 1 são descritas as espécies resistentes registradas no Brasil e os mecanismos de resistência envolvidos.

Tabela 1. Ano do registro de plantas resistentes a diferentes mecanismos de ação no Brasil.

Espécie	Resistência Simples/Cruzada		Resistência Múltipla	
	ALS (B)	ACCCase (A)	EPSPs (G)	FSI (D)
<i>Ageratum conyzoides</i>	2013			
<i>Amaranthus hybridus</i>				2019
<i>Amaranthus palmeri</i>		2015		2016
<i>Amaranthus retroflexus</i>	2012		2014	2011
<i>Amaranthus viridis</i>				2016
<i>Avena fatua</i>		2010		2006
<i>Bidens pilosa</i>	1993			
<i>Bidens subalternans</i>	1996			
<i>Chloris elata</i>			2014	
<i>Conyza bonariensis</i>			2005	
<i>Conyza canadensis</i>			2005	
<i>Conyza sumatrensis</i>	2011	2010	2017	2016
<i>Digitaria ciliaris</i>		2002		
<i>Digitaria insularis</i>		2016	2008	
<i>Eleusine indica</i>		2003	2016	2017
<i>Euphorbia heterophylla</i>	1993			
<i>Lolium perenne ssp. multiflorum</i>	2010		2003	
<i>Parthenium hysterophorus</i>	2004			
<i>Raphanus raphanistrum</i>	2013			
<i>Raphanus sativus</i>	2001			
<i>Urochloa plantaginea (= Bracharia plantaginea)</i>	1997			

Fonte: adaptado de Heap (2019).

É importante destacar que muitas vezes se confundem erros na dose e na aplicação com a resistência aos herbicidas. Casos de resistência podem ser esperados quando se utiliza o mesmo herbicida ou herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, consecutivamente. Para a confirmação da resistência devem ser conduzidos trabalhos com métodos apropriados disponibilizados pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas e pelas instituições de pesquisa. Biótipos resistentes devem ser identificados e controlados, pois, além de perdas de produtividade, implicam também em maior dificuldade para se manejar plantas daninhas e em maiores custos, pelo uso de produtos.

Manejos específicos

Capim-amargoso

O capim-amargoso é uma gramínea perene adaptada a diferentes ambientes agrícolas. Reproduz-se por sementes e pequenos rizomas, com a formação de touceiras. Resultados de pesquisa mostraram que a competição do capim-amargoso com a soja reduziu a produtividade da cultura de 3392 kg/ha para 1885 kg/ha, na presença 4 a 8 plantas por metro quadrado, ou seja, perdas equivalentes a 44% ou 25 sacas por hectare (Gazziero et al., 2013).

Essa espécie infestante deveria ser controlada antes da emergência da soja, por meio da aplicação de herbicidas pré-emergentes. Na pós-emergência, essa infestante tem maior sensibilidade para ser controlada quando estiver com até 3 a 4 perfilhos. Nessa situação, o controle pode ser feito com o uso da maioria dos graminicidas pós-emergentes (inibidores da ACCCase), nas doses normais de bula.

No entanto, o grande desafio que os agricultores enfrentam é o manejo das plantas adultas, quando já estão entouceiradas. Nessas condições, as aplicações de graminicidas nas doses de bula não têm apresentado controle satisfatório, com ocorrência de rebrotes. Resultados de pesquisa têm indicado a necessidade de doses superiores às recomendadas na bula, seguida de uma segunda aplicação ou até mesmo uma terceira aplicação. Ou seja, normalmente não se consegue eliminar plantas adultas resistentes ao glifosato com aplicação única, sendo importante

o planejamento de aplicações sequenciais. Caso no planejamento de controle esteja prevista uma aplicação em pós-emergência da cultura, não se deve em hipótese nenhuma utilizar dose superior à prevista em rótulo, que certamente é menor do que a registrada para uso na entressafra. É importante observar a existência do registro de cada produto no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), para a modalidade de uso na entressafra, assim como do Cadastro de Agrotóxicos nos estados.

Algumas práticas ajudam no controle do capim-amargoso, como não deixar áreas em pousio. A palhada das culturas de entressafra, especialmente as de trigo e aveia na Região Sul e as braquiárias no Centro-Oeste, ajudam no manejo do capim-amargoso. A aplicação de herbicidas em plantas roçadas mecanicamente ou pela barra de corte da colhedora de soja só deve ser feita quando as plantas apresentarem bom desenvolvimento vegetativo, com rebrota, de aproximadamente 30 cm de altura e em condições climáticas adequadas. A altura de roçagem deve ser preferencialmente em torno de 10 cm. O controle em áreas infestadas conjuntamente com buva e capim-amargoso pode envolver o uso de latifolicidas (como o 2,4-D) e graminicidas. Dependendo das condições de trabalho, clima, idade da planta, tamanho das touceiras, produto e dose dos produtos, essa combinação pode resultar em problemas de incompatibilidade e a redução da eficiência dos graminicidas (inibidores da ACCase). Quando do uso de glifosato nos programas de controle do capim-amargoso sensíveis a esse herbicida, é importante a utilização da dose recomendada no rótulo.

Buva

Três espécies de buva que apresentam características morfológicas relativamente semelhantes têm sido relatadas como infestantes das áreas de produção de soja no Brasil: *Conyza canadensis*, *Conyza bonariensis* e *Conyza sumatrensis*.

A infestação de buva aumentou significativamente na região Sul do Brasil nos últimos anos, em áreas de produção de grãos, principalmente no sistema soja-milho segunda safra e soja-pousio invernal. Mais recen-

temente tem sido relatada com maior frequência na região central do Brasil. Apresenta fácil adaptabilidade ecológica ao sistema de plantio direto e alta produção de sementes que se dispersam com muita facilidade pelo vento. Especificamente na soja, a interferência da buva não se limita a reduções do rendimento, cujos valores podem chegar a 70% do potencial produtivo. Pode provocar também o aumento no percentual de umidade e de impureza dos grãos. O manejo dessa planta exige um conjunto de ações como, por exemplo, a manutenção da cobertura do solo com culturas como o trigo, a aveia ou os consórcios de milho safrinha e forrageiras, como as braquiárias, evitando-se o pousio. Essas alternativas devem ser integradas com o controle químico.

O pico de germinação dessa espécie pode variar com o regime hídrico e a temperatura. Em muitos casos, como no Paraná, ocorre nos meses de julho e agosto, época que o seu controle deve ser iniciado. Esse período normalmente coincide com a colheita das culturas de inverno. Entretanto tem-se observado a germinação de buva em diversas épocas do ano, mostrando estar havendo a adaptação a diferentes condições climáticas. O uso de latifolicidas como 2,4-D ou clorimuron, além de produtos residuais como diclosulam, imazaquim, metribuzin ou flumioxazin são também boas opções, pois auxiliam na diminuição de emergência da infestante no período anterior a semeadura da soja. A aplicação de glifosato com os produtos citados acima devem ser complementadas com a aplicação de um produto de contato, como paraquate, glufosinato de amônio ou saflufenacil. É importante reforçar que a buva deve ser devidamente controlada antes da semeadura da soja, pois o seu controle na pós-emergência da cultura apresenta limitações, em razão da baixa eficiência dos herbicidas recomendados para essa modalidade. A dificuldade em se obter bons resultados no controle químico realizado na entressafra, está associada ao tamanho das plantas, principalmente quando estão acima de 10 cm e quando a população é resistente ao glifosato. Em áreas com a presença de biótipos resistentes, o glifosato pode continuar a ser utilizado, pois normalmente as comunidades infestantes contemplam outras espécies além da buva.

Azevém

O azevém resistente ao glifosato foi identificado em 2003, no Rio Grande do Sul. Depois disso, dispersou-se rapidamente em Santa Catarina e nas regiões frias do Paraná. Em 2010 e 2011, foram identificados, no RS, biótipos dessa espécie com resistência múltipla: ao glifosato e aos herbicidas inibidores da ACCase, aos inibidores da ALS e ao glifosato. O azevém é uma planta anual, herbácea, que se propaga por sementes. A presença de azevém com resistência múltipla ao glifosato + ACCase ou glifosato + ALS eliminou a possibilidade de uso de outros herbicidas para controle dessa espécie e, com isso, aumentou sua presença em lavouras comerciais.

Historicamente, casos de resistência foram resolvidos com uso de moléculas alternativas e/ou com a introdução de novas tecnologias, como a soja RR, por exemplo. Contudo, atualmente não existem perspectivas de lançamento de novas moléculas ou tecnologias com potencial de controle eficiente do azevém. Pesquisas mostraram que o cultivo consecutivo das áreas (sem períodos de pousio) com culturas de elevada capacidade de cobertura de solo, reconhecido potencial alelopático e com valor comercial, como trigo, centeio, canola, aveia, diminui o número de plantas de azevém em até 65% quando comparado com áreas não cultivadas no período de outono/inverno. O uso de estratégias como sobressemeadura de aveia em lavouras de soja, a associação de diferentes mecanismos de ação herbicidas e a eliminação mecânica/manual de plantas daninhas sobreviventes aos tratamentos herbicidas ajudam no controle.

A seleção de azevém resistente ao glifosato, aos inibidores da ALS e da ACCase representa grande impacto negativo, tanto econômico quanto técnico para a agricultura brasileira. O glifosato apresenta baixo custo para o produtor e alta eficiência de controle, razão de seu uso intensivo. Já as moléculas iodosulfuron e nicosulfuron, inibidores da ALS, que são importantes herbicidas usados na cultura do trigo e do milho, respectivamente e, em decorrência da resistência dos biótipos do azevém aos herbicidas inibidores da ALS, perderam a eficiência. Da mesma forma, os inibidores da ACCase (clethodim e sethoxydim, entre outros) consistiam nas principais alternativas para controle de azevém e agora não mais.

Nas situações de resistência simples ao glifosato, os produtos alternativos inibidores da ACCase (clethodim, sethoxidim, haloxifop e clodinafop, entre outros) e os inibidores da ALS (iodosulfuron e nicosulfuron, entre outros) são eficientes e, se aplicados de forma adequada, impedem perdas de rendimento das culturas por competição. Já nas situações de resistência múltipla (glifosato + ACCase ou glifosato + ALS), os herbicidas alternativos são os produtos não seletivos como diquate como o paraquat e o paraquat + diuron para uso como dessecantes, mas que podem ter menor eficiência. Salienta-se que o agricultor deve ficar atento à dessecação do azevém em pré-semeadura da soja, pois as perdas de rendimento causadas pela interferência imposta por essa espécie são expressivas. O controle ineficiente de azevém resistente pode resultar em perdas de produtividade que variam de 45% a 70%, dependendo do nível de infestação, especialmente em semeaduras antecipadas, nos meses de setembro e outubro.

Milho voluntário

Dentre os diversos sistemas de produção de soja no Brasil, a sucessão soja-milho safrinha é a que ocupa a maior área de produção. Na condução desse sistema, a semeadura da soja ocorre após um período variável, entre um a quatro meses após a colheita do milho. Na operação de colheita do milho safrinha, é normal a ocorrência de perdas de grãos e espigas, que podem originar plantas voluntárias que competem com a soja cultivada em sucessão. Dessa forma, quanto menor a perda na colheita, menor será o problema.

As plantas de milho voluntário podem provocar perdas significativas para a cultura da soja, como pode ser observado na Tabela 2. A competição de apenas uma planta de milho voluntário por metro quadrado resultou em perda relativa de produtividade da soja de 19%. Com o aumento gradativo da infestação de milho voluntário ocorreu diminuição progressiva da produtividade da soja, com perda relativa máxima de 86%, na infestação de 16 plantas por metro quadrado.

Tabela 2. Produtividade e perda relativa da cultura da soja, em função de diferentes níveis de infestação de milho voluntário. Londrina, PR. Embrapa Soja, 2013.

Infestação (plantas/m)	Produtividade (kg/ha)	Perda relativa (%)
0	3.814 a ⁽¹⁾	0
1	3.099 bc	19
2	2.400 c	37
4	1.615 d	58
8	848 e	78
16	516 e	86
CV (%)	12,28	

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

A germinação do milho voluntário pode ser desuniforme, dependendo se o grão está ou não desprendido da espiga, ou se está ou não enterrado no solo. Isso pode resultar na necessidade do controle químico ser feito em mais de uma aplicação. No passado recente, o controle químico do milho voluntário era realizado utilizando-se o herbicida glifosato, aplicado na operação de manejo de entressafra ou em pós-emergência da cultura da soja, nas cultivares RR. Essa aplicação não se mostra mais viável quando as plantas de milho voluntário são provenientes de híbridos também resistentes ao herbicida glifosato, cuja área de cultivo tem aumentado gradativamente. Por isso, a recomendação de controle químico do milho voluntário se baseia na aplicação de graminicidas pós-emergentes do grupo dos inibidores da ACCase, cujos principais herbicidas são: butroxydim, clethodim, fenoxyprop, fluazifop, haloxyfop, quizalofop, propaquizafop, sethoxydim e tepraloxydim. O principal fator para definir a dose de cada herbicida é o estádio de desenvolvimento do milho voluntário. Quanto mais novas as plantas, melhor o controle e menor a dose necessária.

Dessecação em pré-colheita da soja

A desssecção em pré-colheita da soja é uma prática que deve ser utilizada somente com o objetivo de controlar as plantas daninhas ou uniformizar as plantas com problemas de haste verde/retenção foliar.

Se essa prática for necessária, deve-se observar a época apropriada para executá-la. Aplicações realizadas antes da cultura atingir o estádio reprodutivo R7 provocam perdas de produtividade. Esse estádio é caracterizado pelo início da maturação, quando a planta apresenta uma vagem amarronzada ou bronzeada na haste principal (Fehr; Caviness, 1977). Com a retirada do herbicida paraquate do mercado, diquate continuará a ser a opção. Outra alternativa é o glufosinato de amônio, entretanto com especificações que diferem de diquate as quais devem ser observadas pelo usuário. Quando houver predominância de folhas largas, principalmente corda-de-viola (*Ipomoea grandifolia*), utilizar o diquete. Outra alternativa é o glufosinato de amônio. Para evitar que ocorram resíduos no grão colhido, deve ser observado o intervalo mínimo de sete dias entre a aplicação desses produtos e a colheita da soja.

Não devem ser realizadas aplicações de glifosato no período de pré-colheita em campos de produção de sementes. Essa prática ocasiona problemas de fitotoxicidade nas plântulas, resultando em redução do vigor, da germinação, no comprimento das raízes primárias e aborto das secundárias (Tecnologias..., 2013). Esse alerta é válido para as culturas convencionais e transgênicas.

Aplicação de herbicidas e descarte de embalagens

Qualquer produto deve ser prescrito conforme as informações contidas na bula. O não atendimento dessas condições pode acarretar problemas para quem prescreve e/ou para quem usa esses produtos. Ao se aplicar herbicidas pós-emergentes, é necessário evitar a presença de muito orvalho ou fazer a aplicação imediatamente após as chuvas. As condições do ambiente devem ser adequadas, evitando umidade relativa inferior a 60%, temperatura superior a 30 °C e velocidade do vento superior a 8 km/h. O uso de baixo volume de calda (mínimo de 100 L/ha) pode ser feito desde que as condições climáticas estejam favoráveis e que as indicações do fabricante sejam observadas.

Os herbicidas devem ser aplicados com água limpa, que é condição essencial principalmente para o glifosato e o diquate. Quando as plantas estiverem sob condições de estresse hídrico, as aplicações devem ser

suspensas. Existem várias alternativas de bicos, os quais devem ser utilizados conforme indicação do fabricante. Verificar a uniformidade de volume de pulverização, podendo ser toleradas variações máximas de 10% entre bicos. Em solos arenosos e com baixos teores de argila, a utilização de herbicidas pré-emergentes podem provocar fitotoxicidade na soja. Para tais situações, recomenda-se reduzir as doses ou não utilizá-los.

É obrigatório usar equipamento de proteção individual (EPI) em todas as etapas de manuseio dos agrotóxicos (abastecimento do pulverizador, aplicação e lavagem de equipamentos e embalagens), a fim de evitar intoxicações.

A mistura em tanque, de dois herbicidas, ou de um herbicida com outro(s) agrotóxico(s), é um procedimento permitido segundo a Instrução Normativa do Mapa n. 40, de 11 de outubro de 2018. Embora seja uma prática comum no campo, exige cuidados e conhecimentos em razão da complexidade do assunto, tendo em vista que um componente da formulação de um determinado produto pode agir sobre a formulação do outro produto, criando diversos tipos de problemas, inclusive na redução da eficiência de controle.

No prazo de um ano após a compra do produto, é preciso devolver as embalagens vazias ao posto de recebimento indicado na nota fiscal de compra, conforme legislação do Mapa (Lei 9.974, de 06 de junho de 2000 e Decreto 4.074, de 04 de janeiro de 2002). Antes, porém, deve ser feita a tríplice lavagem das embalagens de produtos líquidos.

É importante conhecer as especificações e necessidades do produto a ser aplicado, como o estádio de desenvolvimento das plantas, a necessidade de adjuvantes e a presença de resíduos para as culturas que serão utilizadas em sucessão. No caso de produtos de período residual longo no solo podem ocorrer diferentes respostas da cultura em sucessão, em função das características genéticas de cada material. Quando da aplicação de herbicidas em pós-emergência, respeitar o período de carência do produto (entre a data de aplicação e a colheita da soja).

Referências

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development.** Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; FORNAROLLI, D. A.; LÓPES-OVEJERO, R. F. **Capim-amargoso resistente ao glifosato.** Londrina: Embrapa Soja, 2013. 1 folder.

HEAP, I. **International survey of herbicide resistance weeds.** Disponível em: <<http://www.weedscience.com/Filter/Filter.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2019.

TECNOLOGIAS de produção de soja - Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16).

Capítulo 12

Tecnologia de aplicação de agrotóxicos

Fernando Storniolo Adegas, Dionísio Luiz Pisa Gazziero

Nos últimos anos, houve um grande avanço na tecnologia utilizada para aplicação de agrotóxicos na agricultura nacional. No entanto, ainda existem situações de desperdício de energia e de produtos químicos, aliadas à ineficiência dos resultados no campo. O crescente aumento nos custos dos agrotóxicos, da mão de obra e da energia e a preocupação cada vez maior em relação à poluição ambiental têm enfatizado a necessidade de se continuar a melhorar essa ação, bem como os procedimentos e equipamentos adequados à maior proteção das pessoas que aplicam os agrotóxicos no campo.

Alguns passos devem ser dados para se aperfeiçoar a tecnologia de aplicação, cuja eficiência é mensurada por meio da razão da dose técnica requerida para controle de determinado alvo, no caso a praga, a doença ou a planta daninha, pela dose real empregada. Portanto, quanto menor for a disparidade entre essas doses, isto é, quanto mais próxima for a dose utilizada para controle em relação à realmente necessária, maior será a eficiência da aplicação. Para que a eficiência máxima seja obtida, alguns pontos devem ser levados em consideração, como os relacionados ao aplicador, ao alvo, ao agrotóxico, à cobertura de gotas, ao equipamento

utilizado e aos fatores de interferência, especialmente os climáticos. A partir da análise desses pontos, deve ser realizado o planejamento propriamente dito do sistema de aplicação a ser adotado.

A experiência do aplicador é fundamental, pois cabe a ele a responsabilidade da aplicação. Deve conhecer os equipamentos a serem utilizados e os agrotóxicos a serem aplicados, reconhecer corretamente os alvos a serem atingidos e ter sensibilidade para lidar com os fatores gerais que influenciam na aplicação.

Alvo

Na aplicação de agrotóxicos, o alvo primário, isto é, onde o produto deve ser depositado, pode ser o solo ou as plantas. A seleção do alvo é feita pelo histórico da área, pelo reconhecimento dos agentes biológicos que se quer controlar, dos respectivos níveis de infestação ou infecção, pelo estádio de desenvolvimento e pela distribuição na área. Quanto mais precisa for a escolha do alvo primário, maior será a possibilidade de se obter a máxima eficiência na aplicação.

O conhecimento das propriedades dos agrotóxicos é um ponto importante a ser considerado, especialmente a mobilidade do produto na planta ou no solo, pois a necessidade de cobertura de gotas é diferente para cada um desses casos. Se o agrotóxico é pouco móvel ou de contato, haverá necessidade de máxima cobertura do alvo primário. No caso de produtos móveis, ou sistêmicos, a área de cobertura do alvo poderá ser menor.

Formulação

A formulação do agrotóxico também pode influenciar na sua aplicação. Formulações que produzem uma solução de calda “verdadeira”, isto é, homogeneização perfeita entre o produto e o veículo utilizado, em geral a água, tendem a proporcionar maior eficiência na aplicação. As principais formulações de agrotóxicos existentes no mercado brasileiro são (adaptado de Matuo, 1990):

- **granulada:** formulação de pronto uso para aplicação via sólida. As partículas de uma substância inerte são impregnadas pelo ingrediente ativo;

- **pó molhável:** formulação sólida para diluição em água. A suspensão formada é instável, com necessidade de agitação, o que acarreta maior desgaste de componentes da máquina aplicadora;
- **pó solúvel:** formulação sólida para diluição em água, resulta numa solução verdadeira (dissolução completa);
- **concentrado emulsionável:** formulação líquida para diluição em água, onde o ingrediente ativo é dissolvido num solvente, formando uma solução imiscível em água, mas com adição de emulsificantes, obtém-se uma emulsão com boa estabilidade;
- **solução aquosa:** o ingrediente ativo é solúvel, geralmente na forma de um sal, devendo ser dissolvido em água até quase a saturação, resultando numa solução verdadeira;
- **suspensão concentrada:** baseia-se no pó molhável, que é suspenso em pequena quantidade de água, resultando assim numa suspensão mais estável;
- **grânulos dispersíveis em água:** grânulos para diluição direta em água, o que resulta numa solução verdadeira.

Quantidade e tamanho de gotas

O resultado prático da aplicação é expresso pela quantidade de gotas depositadas sobre o alvo primário. Para um mesmo volume de aplicação, quanto menor for o tamanho das gotas, melhor será a cobertura do alvo. No entanto, quanto menor for a gota, maior é a possibilidade de perdas por evaporação e deriva. O tamanho ideal das gotas e a densidade de cobertura na aplicação, expresso pelo número gotas/cm², variam de acordo com o alvo e as características do produto.

No caso do controle de plantas daninhas, para a aplicação de herbicidas em pré-emergência, mesmo sobre a palhada, são necessárias gotas maiores de 300 µm, na densidade de 20 a 30 gotas/cm². Para aplicação de herbicidas em pós-emergência com ação de contato, são necessárias gotas entre 150 µm e 300 µm, na densidade de 30 a 50 gotas/cm². Para herbicidas aplicados em pós-emergência com ação sistêmica, são necessárias gotas maiores de 200 µm na densidade de 20 a 30 gotas/cm².

No caso de doenças da soja, como a ferrugem-asiática, o ideal seria a obtenção de 30 a 50 gotas/cm². A aplicação de volumes de calda entre

150 L/ha e 200 L/ha mostra uma tendência de melhor cobertura, conforme relataram Koger et al. (2006) e Wolf (2006). Isso não significa que a aplicação com volumes menores não possa resultar em bom controle, pois outros trabalhos, como Antuniassi et al. (2005), mostraram controle eficiente com volumes abaixo de 150 L/ha. Vale lembrar que, quanto menor for o volume de calda utilizado, maiores devem ser os cuidados gerais com a aplicação. Esses resultados para o controle de doenças são semelhantes ao do controle geral do complexo de pragas da cultura da soja.

Pontas

Grosseiramente, pode-se dividir o pulverizador em três sistemas principais: depósito, bombeamento e pontas. É comum, entre técnicos e principalmente entre os agricultores, dar maior importância para os sistemas de depósito e bombeamento, que são os principais responsáveis pela potência e pela capacidade de trabalho do equipamento, em detrimento ao sistema de pontas, que é o responsável pela qualidade da aplicação. São as pontas, mais conhecidas por bicos, que produzem as gotas para a cobertura dos alvos selecionados na aplicação.

Cada tipo de ponta tem as suas características em relação à pressão de trabalho, ao tipo de jato formado, ao tamanho e à uniformidade de gotas e ao volume de calda a ser pulverizado, que são fatores essenciais na escolha da ponta de pulverização. Como os primeiros herbicidas foram desenvolvidos para aplicação no solo, que é uma superfície plana, generalizou-se afirmar que os herbicidas devem ser aplicados com pontas tipo leque, que produzem um jato plano. Assim como para os inseticidas e fungicidas, que são aplicados essencialmente direto nas plantas, um alvo “não-plano”, generalizou-se afirmar que esses produtos devem ser aplicados por pontas tipo cone. No entanto, dependendo da situação de aplicação e das condições do alvo, pode-se utilizar qualquer um dos tipos de ponta, para qualquer tipo de agrotóxico. Como exemplo, pode ser citado que o desenvolvimento de novas pontas na forma de leque tem proporcionado um jato com bom potencial de penetração em folhagens, podendo, portanto, serem utilizados em aplicações de herbicidas em pós-emergência, assim como de inseticidas e fungicidas.

A durabilidade das pontas está relacionada diretamente ao material utilizado na sua fabricação. Os principais materiais, em escala decrescente de dureza, são: cerâmica, aço inoxidável endurecido, aço inoxidável, polímero e latão. A durabilidade da ponta depende de vários fatores: manuseio do equipamento, principalmente pela limpeza e pelo sistema de filtragem; formulação do produto aplicado, pois partículas em suspensão na calda desgastam mais as pontas e qualidade da água. Quando as pontas apresentarem uma variação, da vazão original superior a 10%, elas devem ser trocadas.

As principais pontas disponíveis no mercado brasileiro permitem uma divisão teórica em três grandes grupos, de acordo com o tamanho médio das gotas produzidas:

- gotas pequenas (até 150 μm): proporcionam ótima uniformidade de cobertura, mas são mais suscetíveis à deriva;
- gotas médias (150 μm a 300 μm): proporcionam boa uniformidade de cobertura e média suscetibilidade à deriva;
- gotas grandes (maiores que 300 μm): oferecem de baixa a média cobertura de gotas, grande eficiência no controle da deriva e suportam maiores pressões de trabalho.

A alteração da pressão de trabalho influencia diretamente o tamanho da gota. Se a pressão for diminuída, aumenta-se o tamanho das gotas, mas se for aumentada, diminui-se o tamanho das gotas. Por isso, uma ponta que foi concebida para gerar um determinado tamanho de gotas pode produzir gotas maiores ou menores, se houver alteração na pressão de trabalho. Portanto, a escolha do tipo de ponta depende da aplicação desejada e do produto selecionado, pois tal qual o agrotóxico, cada ponta possui especificação própria, que deve ser levada em consideração no planejamento da aplicação.

Fatores climáticos

Os fatores climáticos estão entre os que mais influenciam na eficiência de aplicação. Dentre esses, os mais importantes são:

- **Temperatura:** a principal interferência que a temperatura elevada causa é o aumento do potencial de evaporação das gotas de pulverização. Normal-

mente, a velocidade de evaporação de uma gota de água é duplicada, se a temperatura aumenta de 10 °C para 20 °C ou de 20 °C para 30 °C, que seria o limite para se realizar a aplicação. Além disso, temperaturas acima de 30 °C podem induzir as plantas a estresses, dificultando a absorção e a translocação dos agrotóxicos. Por outro lado, aplicações realizadas com temperaturas menores que 10 °C podem também prejudicar a absorção e a translocação do agrotóxico, seja pelas características específicas do produto, seja pela mudança no metabolismo das plantas ou ainda pela integração desses fatores.

- **Umidade relativa do ar:** a interferência da umidade do ar na aplicação é basicamente a mesma que ocorre com a temperatura. Quanto menor a umidade, maior o potencial para se perder as gotas por evaporação. Por exemplo, se a umidade estiver em 70% e diminuir para apenas 45%, a velocidade de evaporação é dobrada. A menor umidade do ar também provoca menores absorção e translocação dos produtos aplicados. A situação ideal é quando a umidade relativa do ar está acima de 60%, o que propicia uma boa aplicação.
- **Vento:** os ventos locais são aqueles cuja intensidade e direção variam com o relevo e a época do ano e são os mais importantes para as pulverizações agrícolas. O movimento do ar varia com a altitude da área, tornando-se mais turbulento próximo à superfície e, quanto mais acidentado for terreno, maior será a turbulência. A condição ideal de vento para aplicação é entre 3 km/h a 8 km/h, que na prática significa sentir uma leve brisa no rosto ou quando se verifica uma pequena movimentação nas folhas das culturas. Ventos superiores a 8 km/h favorecem demasiadamente a deriva das gotas de pulverização e ventos abaixo de 3 km/h fazem com que as gotas de pulverização, principalmente as gotas finas, fiquem suspensas no ar e não consigam atingir o alvo desejado.

Na prática, temperatura, umidade relativa do ar e vento interferem conjuntamente durante as aplicações, por isso é muito importante o conhecimento da relação desses três fatores em regiões produtoras homogêneas.

Existem outros fatores climáticos que interferem na aplicação:

- **Chuva:** todo agrotóxico demora um determinado período para ser absorvido, conhecer esse período é importante para se determinar e respeitar o

intervalo mínimo ideal entre a aplicação e a ocorrência de uma chuva. Em aplicações foliares, se a chuva ocorrer antes que aconteça a absorção total do produto, o mesmo pode escorrer e ser perdido no solo. Em aplicações de solo, principalmente com chuvas de maior intensidade, pode acontecer o fenômeno da lixiviação, isto é, o produto descer no perfil do solo e sair da zona de absorção.

- **Orvalho:** é o fenômeno caracterizado pela formação de gotículas de água, com a diminuição da temperatura noturna. Se o alvo da aplicação for uma cultura ou planta daninha, a presença dessas gotículas de água nas folhas pode resultar na diluição do produto, ou até mesmo o escorramento do mesmo, acarretando em diminuição na eficiência da aplicação. Aplicações realizadas em regiões de clima mais ameno são mais sensíveis a problemas com orvalho.
- **Luminosidade:** é uma condição inerente ao agrotóxico utilizado. Alguns produtos são sensíveis a fotodecomposição, isto é, são degradados pela ação dos raios solares. Entretanto, outros produtos necessitam de luz solar direta para serem absorvidos. O conhecimento dessas características específicas é fundamental para a realização do planejamento da aplicação, como, por exemplo a oportunidade de maximizar o tempo e aproveitar as melhores condições climáticas encontradas nas aplicações noturnas.

O desenvolvimento das plantas está intimamente relacionado ao clima. Condições climáticas adversas, como a estiagem ou o excesso de chuvas, ocasionam estresses nas plantas cultivadas ou mesmo nas espontâneas. As aplicações sob essas condições também devem ser evitadas, pois podem ocorrer problemas na absorção, na translocação e na ação geral do agrotóxico.

De maneira geral, as situações climáticas adversas ocorrem a partir da metade da manhã até o início do período noturno, sendo, portanto, o pior período para aplicação de agrotóxicos.

Durante o dia, os raios solares aquecem o solo e, como a temperatura do ar diminui com o aumento da altitude, o ar mais quente, aquele que está próximo da superfície do solo, realiza um movimento ascendente que é denominado de inversão térmica. Esse fenômeno, associado à uti-

lização de gotas finas e à ausência de vento na aplicação, pode impedir que as gotas atinjam o alvo, formando uma neblina em suspensão, que pode ser deslocada para fora da área de aplicação, acarretando, portanto, a deriva.

Deriva

A deriva é caracterizada como a deposição do agrotóxico fora do alvo de aplicação. Pode ocorrer dentro da área objeto da aplicação, que é denominada de endoderiva; ou fora da área de aplicação, denominada de exoderiva, que nesse caso, além de diminuir a eficiência da aplicação, pode causar danos ambientais às áreas vizinhas.

Existem basicamente dois tipos de exoderiva:

- De vapor: mais relacionado ao agrotóxico aplicado, que sofre o processo de volatilização, isto é, evapora, e posteriormente suas partículas em suspensão são levadas para outras áreas pela ação do vento;
- Aerotransportada: quando o produto é levado para fora da área durante a aplicação, principalmente pela ação direta do vento. Esse tipo de deriva é o de ocorrência mais comum e está diretamente relacionada ao sistema empregado na aplicação, ao tamanho de gotas produzidas e as condições climáticas existentes, principalmente a velocidade do vento.

Como a deriva provoca a ineficiência da aplicação e pode acarretar problemas ambientais, é fundamental que se busque maneiras de evitá-la. Algumas sugestões para diminuir a deriva nas aplicações são:

- Utilizar gotas grandes, preferencialmente maiores que $350 \mu\text{m}$. A principal maneira de se obter esse tamanho de gota é utilizando um bico específico para tal, também chamado de antideriva.
- Quanto maior a pressão de trabalho maior a possibilidade de formação de gotas pequenas e, portanto maior o risco de deriva, por isso é aconselhável se trabalhar com pressão máxima de 300 kPa.
- Não realizar aplicações com ventos superiores a 8 km/h, com os bicos convencionais, e acima de 10 km/h, com os bicos antideriva. Aplicar, de preferência, no sentido contrário ao do vento. Também evitar aplicar nas situações em que possa acontecer a inversão térmica.

- Quanto menor a altura da barra de pulverização em relação ao alvo de deposição do produto menor será o risco de deriva. Por isso deve-se utilizar a altura mínima da barra, que normalmente é a mesma do espaçamento entre os bicos, isto é, se o espaçamento entre os bicos é de 50 cm, a altura mínima da barra também deverá ser de 50 cm.
- Outra possibilidade para se diminuir a deriva, principalmente para situações de ventos superiores a 10 km/h ou quando se pulveriza com gotas pequenas, seria utilizar a assistência de ar na barra de pulverização, já disponível em alguns modelos de pulverizadores.

Agricultura de precisão

Recentemente, outra tática que vem sendo incorporada à tecnologia de aplicação de agrotóxicos é o uso da agricultura de precisão, que é definida como sendo “um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado de culturas” ou “tecnologia de aplicação variável de insumos no manejo das culturas agrícolas” (Voll, 2000).

A utilização da agricultura de precisão na aplicação de agrotóxicos está dividida em duas etapas. Primeiramente realiza-se o mapeamento geopositionado da infestação da área a ser tratada, cujos principais métodos de levantamento propostos por Colliver et al. (1996) são o sensoriamento remoto por imagem digital, baseado na densidade de plantas; o sensoriamento remoto por análise de refletância, realizado antes da colheita e o levantamento manual por GPS, realizado junto com a colheita.

A segunda etapa diz respeito à aplicação localizada de herbicidas, onde o mapa de infestação é utilizado para a elaboração de um mapa de tratamento, com a especificação dos produtos e doses a serem aplicados em cada ponto da área. Para esse sistema de aplicação, quanto menor o tamanho das secções da barra de pulverização maior a qualidade da aplicação (Gerhards et al., 1999).

Outro sistema de aplicação localizada que vem sendo estudado, no caso de herbicidas, é o da detecção da infestação das plantas daninhas e aplicação em tempo real, cuja principal dificuldade para implementação é conseguir uma boa diferenciação entre as plantas daninhas e a cultura.

Atualmente, a aplicação em tempo real é mais viável para a operação de dessecação, pois, como não é uma aplicação seletiva, não necessita da diferenciação das plantas para a realização do tratamento.

Mistura em Tanque

Em 11 de outubro de 2018, um acordo de cooperação técnica firmado entre o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) estabeleceu, por meio da Instrução Normativa nº 40 (IN 40/2018) do Mapa, regras complementares à emissão da receita agronômica prevista no Decreto nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002. Esse acordo confere competência e responsabilidade ao Engenheiro-agronômo para recomendar as misturas. O Brasil é um país tropical com muitos problemas fitossanitários. É comum a ocorrência de plantas daninhas, doenças e insetos, ao mesmo tempo, em uma mesma área e nenhum produto registrado têm a capacidade de controlar todos os problemas de uma só vez. Por essa razão a mistura de diferentes produtos em um tanque de pulverização tornou-se uma prática muito utilizada, não só aqui, como em todo o mundo. Mas, se por um lado as misturas podem trazer vantagens, por outro podem também trazer problemas que interferem negativamente nas aplicações. Como vantagens pode-se citar a maior eficiência de trabalho e a agilidade nas operações, a economia de tempo, de mão de obra, de água, de óleo diesel, a facilidade de manejo da cultura, do manejo e da prevenção de resistência e a diminuição da compactação do solo. Por outro lado, a mistura pode causar problemas, como: dificuldade de dissolução dos produtos, aumento da fitotoxicidade, excesso de formação de espuma, entupimento de bicos, decantação, incompatibilidades física e química, flocação, formação de grânulos ou pastas, aderência de produtos nas paredes de filtros e mangueiras de todo o circuito hidráulico do pulverizador. É importante ressaltar que os agrotóxicos possuem diferentes componentes na sua formulação os quais podem interferir na formulação de outro produto, criando diversos tipos de problema, inclusive a redução de controle. Assim, sugere-se que antes da realização de qualquer mistura no tanque de pulverização seja feito o teste da jarra, que é a mistura em um recipiente em escala menor, com volumes pe-

quenos. Muitas vezes a sequência de colocação dos produtos pode criar problemas de incompatibilidade. Outros fatores como a quantidade de água utilizada, o pH e a falta de agitação também podem influenciar o resultado das misturas. Acredita-se que a IN 40/2018 permitirá que as informações técnicas cheguem aos usuários resultando em benefícios agronômicos com redução de riscos nas áreas da saúde e ambiental. Com as novas regras, atribui-se muito mais responsabilidade aos técnicos e consequentemente aumenta a necessidade de capacitação dos profissionais que prescrevem as receitas.

Considerações finais

É oportuno reforçar que equipamentos de proteção individual e tríplice lavagem das embalagens de agrotóxicos são indispensáveis em qualquer operação de aplicação. A tecnologia de aplicação deve evoluir no sentido de promover a maximização da eficiência de controle, com resultados físicos e, consequentemente, biológicos satisfatórios, máximo rendimento econômico e sem causar danos ao homem e ao ambiente.

Referências

- ANTUNIASSI, U. R.; BONELLI, A. P. O.; CAMARGO, T. V.; SIQUERI, F. V. Desempenho de sistemas de aplicação terrestre para o controle da ferrugem da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 217-218. (Embrapa Soja. Documentos, 257).
- COLLIVER, C. T.; MAXWELL, B. D.; TYLER, D. A.; ROBERTS, D. W.; LONG, D. S. Georeferencing wild oat infestations in small grains: accuracy and efficiency of three weed survey techniques. In: PRECISION AGRICULTURE, 1., 1996, Madison. **Abstracts...** Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1996. p. 453-463.
- GERHARDS, R.; SOKEFELD, C.; TIMMERMANN, S.; REICHART, S; KUHBAUCH, W. Results of a four-year study on site-specific herbicide application. In: STAFFORD, J. V. (Ed.). **Precision Agriculture'99.** Oxford: BIOS Sci. Publishers Ltd., 1999. p. 689-697.

KOGER, C. H.; POSTON, D.; WALKER, E. Fungicide spray coverage: effects of soybean row spacing, spray volume and nozzle type. In: NATIONAL SOYBEAN RUST SYMPOSIUM, 2006, Saint Louis. **Proceedings...** [S.I.]: APS, 2006.

Disponível em: <<https://www.plantmanagementnetwork.org/infocenter/topic/soybeanrust/2006/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

VOLL, E. Agricultura de precisão: manejo de plantas daninhas. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M. P. del; QUEIROZ, D. M. de; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R. do; GOMIDE, R. L. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p. 203-235.

WOLF, R. E. Nozzle type considerations for improved soybean canopy penetration. In: NATIONAL SOYBEAN RUST SYMPOSIUM, 2006, Saint Louis. **Proceedings...** [S.I.]: APS, 2006. Disponível em: <<https://www.plantmanagementnetwork.org/infocenter/topic/soybeanrust/2006/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

Capítulo 13

Tecnologia de sementes

Ademir Assis Henning, Francisco Carlos Krzyzanowski, José de Barros França-Neto, Fernando Augusto Henning, Irineu Lorini

No Brasil, o sistema oficial de produção de sementes é o de Certificação, mas de acordo com o Decreto Nº 5.153 de 23 de julho de 2004, que aprova o regulamento da Lei nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas – SNSM estabelece em seu Art. 35 as seguintes categorias: I - semente genética; II - semente básica; III - semente certificada de primeira geração - C1; IV - semente certificada de segunda geração - C2; V - semente S1; e VI - semente S2.

A produção de sementes da classe não certificada, com origem genética comprovada, das categorias “Semente S1” e “Semente S2” serão de responsabilidade do produtor e do responsável técnico, devendo atender às normas e aos padrões de produção e comercialização.

De acordo com Art. 36, a produção de sementes, compreende todas as etapas do processo, iniciado pela inscrição dos campos e concluído com a emissão da nota fiscal de venda pelo produtor ou pelo reembalador.

Já, no Art. 37, o controle de qualidade em todas as etapas da produção é de responsabilidade do produtor de sementes, conforme estabelecido nesse regulamento e em normas complementares. Para o caso da soja, cabe ressaltar que a Instrução Normativa nº 45 de 17 de setembro de 2013, via anexo XXIII Padrões para a produção e a comercialização de sementes de soja, revogou a Verificação de Outras Cultivares (VOC).

Seleção do local para produção de sementes

Para a produção de sementes de soja de alta qualidade fisiológica, o ideal é que a temperatura média, durante as fases de maturação e colheita, seja igual ou inferior a 22 °C. Tais condições não são facilmente encontradas em regiões tropicais, porém podem ocorrer em áreas com altitude superior a 700 m, ou com o ajuste da época de semeadura para a produção de semente. Em regiões com latitudes maiores do que 24° Sul, as condições climáticas são mais propícias.

Utilizar, preferencialmente, áreas com fertilidade elevada, pois níveis adequados de Ca e Mg exercem influência sobre o tecido de reserva da semente, além de interferirem na disponibilidade de outros nutrientes, no desenvolvimento de raízes e na nodulação. A deficiência de K e P reduz o rendimento de grãos, influencia negativamente na retenção de vagens, aumenta a incidência de patógenos, que também contribui para a redução da qualidade da semente.

Alerta sobre dessecação em pré-colheita de campos de produção de semente

A dessecação em pré-colheita de campos de produção de semente de soja, visando à melhoria da qualidade, não é recomendada rotineiramente. Isso é em função da possibilidade da ocorrência de chuvas entre a aplicação do dessecante e a colheita, o que pode propiciar a infecção secundária das sementes por fungos como *Phomopsis spp.* e *Fusarium incarnatum* (syn. *F. pallidoroseum*, *F. semitectum*). A dessecação em pré-colheita deve ser utilizada em áreas de produção de grãos, com o objetivo de controlar plantas daninhas ou uniformizar as plantas em lavouras com problemas de haste verde/retenção foliar (ver item “Dessecação em pré-colheita da soja” no capítulo 11 “Plantas daninhas e seu controle”).

Não devem ser realizadas aplicações de glifosato no período de pré-colheita em campos de produção de sementes. Essa prática ocasiona problemas de fitotoxicidade nas plântulas, resultando em redução do vigor, da germinação, do comprimento das raízes primárias e aborto das secundárias. Esse alerta é válido para as cultivares convencionais e transgênicas.

Manejo de plantas daninhas na entressafra

O controle de plantas daninhas em culturas de safrinha e em períodos de entressafra é uma maneira importante de reduzir a densidade de espécies que poderão infestar os campos de produção de sementes de soja cultivados na sequência, a exemplo de picão-preto (*Bidens spp.*), amendoim-bravo (*Euphorbia heterophyla*), maria-pretinha (*Solanum americanum*), buva (*Conyza spp.*) e capim-amargoso (*Digitaria insularis*) entre outras.

Nesse período, também é importante controlar a soja voluntária, a qual poderá se tornar hospedeira do fungo causador da ferrugem-asiática e de outros fitopatógenos e insetos-praga que poderão se potencializar na safra seguinte.

Colheita de semente

A semente deve ser colhida no momento adequado, evitando-se retardamentos de colheita. A semente é normalmente colhida quando, pela primeira vez, o conteúdo de água atinge valores ao redor de 13%, durante o processo natural de secagem a campo. O retardamento de colheita resultará em reduções de germinação e vigor e no aumento nos índices de infecção da semente por fungos de campo (Costa et al., 1983).

A operação de colheita poderá ser antecipada, sendo realizada com conteúdos de água da semente ao redor de 18%. Tal operação pode ser adotada caso o produtor tenha amplos conhecimentos das regulagens do sistema de trilha, visando evitar a ocorrência de elevados índices de danos mecânicos latentes. Além disso, uma estrutura adequada de secaadores deverá estar disponível, para que o conteúdo de água da semente seja rapidamente reduzido a níveis adequados, sem que ocorram reduções de germinação e de vigor das sementes.

A colheita é a fase mais crítica do processo de produção de semente de soja. Ela pode ser uma importante fonte de mistura varietal, se procedimentos específicos não forem observados. É imprescindível o isolamento entre campos de produção de semente e a limpeza completa das máquinas colhedoras e carretas transportadoras. Quando da troca de cultivares, é importante efetuar uma limpeza completa em todos os componentes da colhedora.

A colheita mecanizada pode ser uma fonte de sérios problemas de danos mecânicos. É essencial que os mecanismos de trilha estejam bem ajustados, visando à obtenção de uma trilha adequada e com os menores índices de danos mecânicos. Colhedoras com o sistema de trilha axial ou longitudinal podem causar menos danos à semente. Além disso, em máquinas com sistema transversal ou tangencial de trilha, é recomendada a utilização de sistemas de polias que permitam a redução da velocidade do cilindro batedor a rotações abaixo de 300 rpm - 400 rpm.

Outro aspecto importante a ser levado em consideração durante a colheita é o conteúdo de água da semente. Semente seca, ou seja, aquela com conteúdo de água abaixo de 12% tenderá a apresentar danos mecânicos imediatos, caracterizados por fissuras, rachaduras e quebras. Semente com conteúdo acima de 14% é mais suscetível aos danos mecânicos latentes, caracterizados por amassamentos e abrasões. Os níveis de danos mecânicos são reduzidos se a semente de soja for colhida tão logo seja possível, após atingirem conteúdos de água entre 14% e 13% (Figura 1). Essas informações são válidas para regiões sem chuvas nos períodos de pré-colheita e colheita (Kryzanowski et al., 2008).

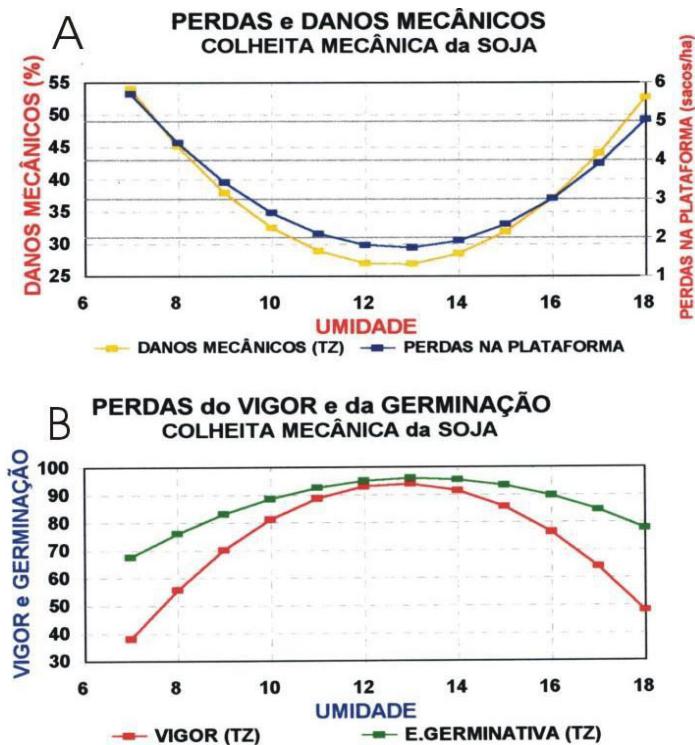


Figura 1. Umidade de colheita e qualidade física e fisiológica da semente de soja.
Fonte: adaptado de Costa et al. (1979) e Mesquita et al. (1980).

Em suma, as seguintes sugestões podem auxiliar na redução dos danos mecânicos durante a operação de colheita: a) ajustar a velocidade do cilindro (400 rpm ou menos) de maneira adequada para a completa abertura das vagens, com o mínimo nível de dano mecânico; b) a abertura do côncavo deve ser a mais ampla possível, para permitir uma trilha adequada; c) a semente trilhada deve ser avaliada pelo teste de hipoclorito de sódio, ou pelo método do copo medidor de semente quebrada, pelo menos três vezes ao dia, para efetuar ajustes no sistema de trilha, se o nível de dano mecânico estiver acima do aceitável; d) todas as partes do sistema de trilha devem ser mantidas em boas condições de uso, especialmente as barras estriadas, que não podem estar desgastadas; e)

colher com velocidade adequada de deslocamento; f) motor bem regulado; g) colher no ponto, sem retardamento de colheita; h) dimensionar adequadamente o número de colhedoras necessárias para a colheita; i) colher com o grau de umidade adequado; e j) evitar produzir cultivares com semente characteristicamente suscetível ao dano mecânico.

O monitoramento da ocorrência de dano mecânico poderá ser feito por meio de testes de hipoclorito de sódio (NaOCl) ou de semente partida (Krzyszowski et al., 2004; 2015), utilizando o kit para essa avaliação, disponível na Embrapa Soja.

Recepção e secagem da semente

A semente colhida entra na unidade de beneficiamento de semente (UBS) pelas moegas, que não devem ser profundas para evitar a ocorrência de danos mecânicos. Preferencialmente, optar por moegas vibratórias, que são rasas, autolimpantes, que removem parte da impureza fina, reduzindo, assim, a poeira na UBS e previnem a exposição de trabalhadores aos gases tóxicos, que podem acumular em moegas profundas e úmidas. A semente deve passar, a seguir, pela máquina de pré-limpeza, para a remoção das impurezas grosseiras e das menores que a semente.

No caso da semente chegar à UBS com mais de 12,5% de água, sugere-se a realização da secagem, até o nível de umidade de 12%. Em épocas chuvosas, é comum que a semente seja colhida com 18% a 19% de umidade. Nessas condições, é imprescindível que a secagem seja realizada de imediato. Caso isso não seja possível, a semente úmida poderá permanecer em silos pulmão sob constante aeração ($3\text{ m}^3/\text{min/t}$ a $5\text{ m}^3/\text{min/t}$) por períodos de até dois dias.

A semente de soja pode ser secada em sistemas estáticos, contínuos e intermitentes, tomando-se a precaução para que a temperatura da massa de semente não ultrapasse os 40 °C e que a umidade relativa do ar de secagem em secadores estáticos não seja inferior a 35%. Cuidados especiais devem ser tomados com secadores de fluxo contínuo e intermitente para evitar a ocorrência de danos mecânicos, por isso se recomenda a utilização de elevadores apropriados para semente, como os de corrente ou os flexíveis.

Em secadores estáticos, a camada de secagem da semente deve ser a menor possível, nunca superior a 70 cm. Nesse tipo de secador, é normal o aparecimento de gradiente de umidade entre as camadas de semente próximas à entrada do ar de secagem, em relação às camadas próximas à saída do ar. Assim sendo, é importante que na operação de descarga, a massa de semente venha a ser homogeneizada, para que o seu conteúdo de água seja uniforme.

Beneficiamento de semente

O beneficiamento de semente é necessário para remover contaminantes, tais como: materiais estranhos (vagens, ramos, torrões e insetos), semente de outras culturas e de ervas daninhas. Além disso, tal operação tem outras finalidades: classificar a semente por tamanho; melhorar a qualidade do lote pela remoção de semente danificada e deteriorada; aplicar fungicidas e inseticidas à semente, quando necessário e embalá-la adequadamente para a sua comercialização.

Mistura varietal e dano mecânico são problemas potenciais, em termos de qualidade de semente, relacionados com o beneficiamento. Esses problemas são reduzidos e mesmo evitados com o planejamento e o manejo adequados da UBS. As maiores fontes de danos mecânicos à semente durante a operação de beneficiamento são: o número excessivo de quedas, a utilização de elevadores desajustados ou inadequados, como os de descarga centrífuga e o transporte da semente em cintas com alta velocidade. Os elevadores recomendados para transportar semente são os que apresentam descarga positiva, os de corrente, ou os flexíveis, com transporte horizontal e vertical, com velocidade máxima de deslocamento de 40 m por minuto.

A operação de beneficiamento mais adequada para o processamento da semente de soja segue a seguinte sequência: máquina de ar e peneiras (MAP), separador em espiral, padronizadora por tamanho, mesa de gravidade, tratador de semente (se necessário) e embaladora. A MAP deve ter uma alimentação contínua, sendo a semente distribuída uniformemente sobre a largura total da primeira peneira. O sistema de separação por ar dessa máquina deve estar perfeitamente ajustado, para remover

toda impureza leve. Caso isso não ocorra, haverá acúmulo de palha no centro dos espirais, o que comprometerá a função desse equipamento. A padronizadora por tamanho classifica a semente por tamanhos, sendo sugerida a sua classificação em intervalos de 0,5 mm. A semente padronizada por tamanho passará pela mesa de gravidade, que irá completar a sua limpeza física, pela separação da semente menos densa, mas de mesmos tamanho e forma (Figura 2).

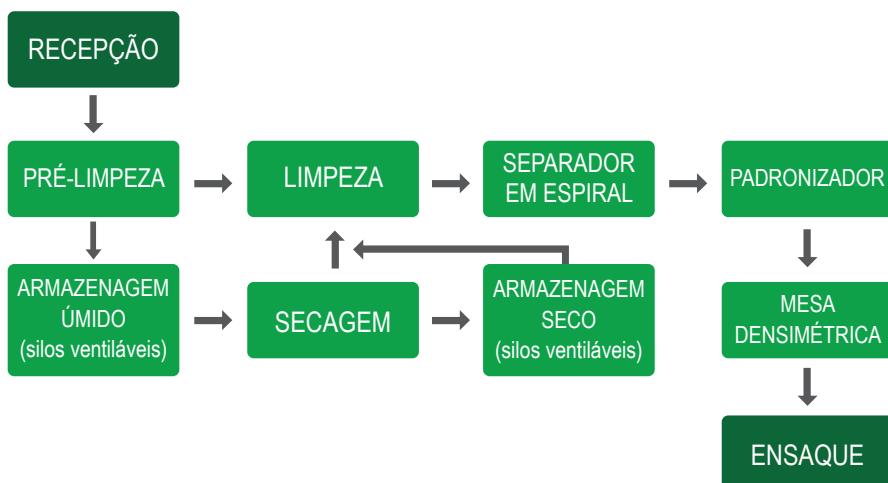


Figura 2. Sequência adequada de máquinas usadas no fluxo de beneficiamento de semente de soja

Fonte: França-Neto et al. (2016).

Em algumas cultivares pode ocorrer alta taxa de descarte de sementes, acima de 10%, pelo separador em espiral, o que vai requerer uma alteração na sequência de máquinas no beneficiamento, ficando então o padronizador antes do separador em espiral, conforme a Figura 3.

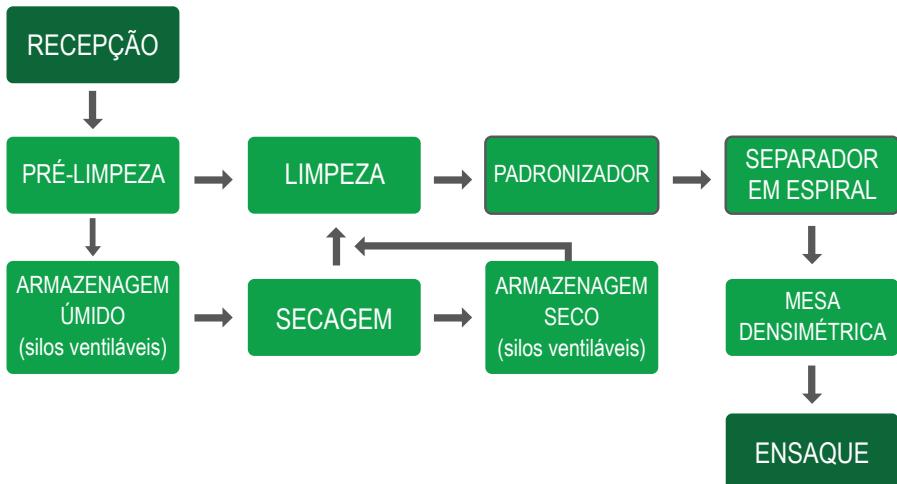


Figura 3. Sequência de máquinas usadas no fluxo de beneficiamento de semente de soja com alteração de posição entre o separador em espiral e o padronizador.

Fonte: França-Neto et al. (2016).

Padronização da nomenclatura do tamanho de semente, após classificação por tamanho

A nomenclatura do tamanho de semente de soja deverá ter padrão nacional, conforme proposta formulada pela CESSOJA/PR e APASEM, a qual constará na sacaria e na nota fiscal de venda:

- Pzero - semente não classificada por tamanho;
- P 4,5 - P 5,0 - P 5,5 - P 6,0 - P 6,5 - P 7,0. Será observado um intervalo máximo de 1,0 mm entre tais classes; por exemplo: P 5,5 significa que as sementes possuem diâmetro entre 5,5 mm e 6,5 mm, ou seja, tal classificação foi realizada em peneira com orifícios circulares, com as sementes passando pela peneira 6,5 e ficando retidas sobre a peneira 5,5. Para os produtores de sementes que adotam a classificação de sementes com o intervalo de 0,5 mm entre as classes de tamanho, a semente classificada como P 5,5 será aquela que possui diâmetro entre 5,5 mm e 6,0 mm, ou seja, essa classificação foi realizada em peneira com orifícios circulares, com as sementes passando pela peneira 6,0 e ficando retidas sobre a peneira 5,5.

Remoção de torrões para prevenir a disseminação do nematoide de cisto

A disseminação do nematoide de cisto (*Heterodera glycines*) pode ocorrer por meio de torrões de solo infestados que possam contaminar os lotes de sementes. Esse modo de transmissão foi considerado como um dos mais importantes no início do processo de disseminação do nematoide de cisto nos Estados Unidos. A contaminação com os torrões ocorre durante a operação de colheita. Uma vez ocorrida, torna-se trabalhosa a sua separação das sementes.

A taxa de disseminação, por meio dos estoques de sementes, depende da quantidade de torrões no lote de semente, do número de cistos do nematoide e do número de nematoides (ovos e/ou juvenis) viáveis nos cistos.

A remoção dos torrões que acompanham a semente é uma forma de reduzir as chances de disseminação dessas pragas. Os torrões diferem da semente de soja em tamanho, forma e peso específico. A diferença em cada uma dessas características físicas pode ser utilizada pela máquina de ventilador e peneiras, separador em espiral e mesa de gravidade, nessa sequência, objetivando uma separação satisfatória.

Ressalva-se também que a eliminação completa dos torrões poderá não ser alcançada, remanescendo a possibilidade da disseminação dos cistos, quando sementes oriundas de lavouras com suspeita de ocorrência do nematoide de cisto são semeadas em áreas indenes.

Remoção de escleródios para prevenir a disseminação do mofo-branco

A ocorrência de mofo-branco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum*, na cultura da soja, principalmente em regiões onde ocorrem condições climáticas amenas na safra de verão, como nas chapadas dos Cerrados tem despertado grande preocupação tanto por parte dos setores produtivos quanto da pesquisa. Até a década de 1990, a ocorrência do mo-

fo-branco era mais restrita ao Sul do Brasil e esporadicamente em áreas irrigadas por pivô central em Minas Gerais e Goiás.

A falta de cuidados com a semente de soja (própria ou ilegal), oriunda de áreas afetadas pelo mofo e sem o devido cuidado com o beneficiamento e a sucessão com culturas suscetíveis como o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e o algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), tornou essa doença um dos maiores problemas para a cultura da soja, nas últimas safras.

Como medidas de controle, recomenda-se evitar a introdução do fungo nas áreas indenes, utilizando sementes produzidas no Sistema Nacional de Sementes e Mudas (SNSM), livres do patógeno. Em campos de produção de semente, caso a doença esteja distribuída de maneira generalizada, sugere-se condenar o campo. Caso a doença esteja localizada em reboleiras, deixar 10 metros de bordadura ao redor da reboleira, colhendo apenas o restante do campo para semente. O beneficiamento dessa semente deve seguir criteriosamente o fluxo recomendado por meio dos equipamentos de pré-limpeza, limpeza, separação em espiral, classificação por tamanho (opcional), mesa densimétrica, tratamento industrial (opcional) e ensaque. Vale ressaltar que o separador em espiral é o equipamento mais importante para a remoção dos escleródios. Se mesmo assim, durante a análise de pureza for constatada a presença de um ou mais escleródios em 500 g de semente, o lote deverá ser rebeneficiado ou condenado como semente.

A taxa de transmissibilidade do fungo via semente na forma de micélio dormente é muito baixa ($\leq 0,1\%$) e é controlada efetivamente com o tratamento de sementes com produtos que contenham fungicidas benzimidazóis em sua formulação (Tabela 1). A principal forma de disseminação do fungo é via escleródios misturados às sementes.

Tabela 1. Produtos (fungicidas/inseticidas) e respectivas doses, para o tratamento de sementes de soja.

Nome comum Produto Comercial ⁽¹⁾	DOSE/100 KG DE SEMENTE
	Ingrediente ativo (gramas) Produto comercial (g ou mL)
carbendazin + thiram	30 g + 70 g
Derosal Plus ⁽³⁾	200 mL
ProTreat ⁽³⁾	200 mL
carboxin + thiram	75 g + 75 g ou 50 g + 50 g
Vitavax + Thiram PM ⁽³⁾	200 g
Vitavax + Thiram 200 SC ^(2,3)	250 mL
fluazinam + tiofanato metílico	9,5 g + 63 g a 11,3 g + 75,3 g
Certeza ⁽³⁾	180 mL a 215 mL
piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil	5 g + 45 g + 50 g
Standak Top ⁽³⁾	200 mL
tiabendazol + fludioxonil + mefenoxan	15 g + 2,5 g + 2 g a 18,8 g + 2,8 g + 2,5 g
Maxim Advanced ⁽³⁾	100 mL a 125 mL

⁽¹⁾ Poderão ser utilizadas outras marcas comerciais, desde que os mesmos tenham registro no Mapa (e cadastro na SEAB/PR) e que sejam mantidos a dose do ingrediente ativo e o tipo de formulação; ⁽²⁾

Fazer o tratamento com pré-diluição, na proporção de 250 mL do produto + 250 mL de água para 100 kg de semente; ⁽³⁾ Misturas formuladas comercialmente e registradas no Mapa/DDIV/SDA.

CUIDADOS: devem ser tomadas precauções na manipulação dos fungicidas, seguindo as orientações da bula dos produtos.

Armazenamento da semente

O armazenamento em toda a sua amplitude envolve etapas que vão desde antes da colheita, ou seja, na maturidade fisiológica da semente, ainda dentro das vagens da soja, no campo, até o momento em que ela é semeada e se iniciam os processos de embebição e de germinação. O beneficiamento e a armazenagem da semente em condições ótimas de temperatura e umidade relativa do ar (menores do que 25 °C e 70% UR) permite a preservação da viabilidade e do vigor da mesma. Por essa razão deve-se atentar para o período de armazenamento ainda na planta (antes da colheita) pois a viabilidade

da semente poderá ser comprometida nesse período, já que a qualidade da semente é definida no campo.

A semente é higroscópica, portanto seu conteúdo de água está em equilíbrio com a umidade relativa do ar, flutuando na média com as variações de umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento. Especificamente para as condições de armazenamento do Brasil, pode-se sugerir que o conteúdo de água da semente seja mantido nos seguintes níveis: 13% a 13,5%, para os estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e centro-sul do estado do Paraná; 11,5% a 12% para o norte e o oeste do Paraná, sul dos estados de Mato Grosso do Sul e de São Paulo; e 11% a 11,5% para as demais regiões dos Cerrados.

Diversas espécies de *Penicillium* e *Aspergillus* podem infectar qualquer semente, pois esses fungos são capazes de se desenvolver sobre quase todo tipo de matéria orgânica, desde que as condições de temperatura e de umidade relativa do ar ambiente sejam favoráveis (Henning, 2005). Em semente de soja armazenada com conteúdo de água acima de 14%, predomina *Aspergillus flavus*. Cuidados especiais devem ser tomados para manter o conteúdo de água da semente armazenada abaixo de 13%.

Após o beneficiamento, a semente ensacada poderá ser armazenada em armazéns convencionais ou climatizados. A identificação de microrregrões com altitude mais elevada, temperatura e umidade relativa do ar mais baixas é a melhor opção para armazenar semente de soja em regiões quentes e úmidas do Brasil Central. Alternativas vêm sendo utilizadas por alguns produtores dessa região, como o resfriamento dinâmico da semente pela injeção de ar frio (ao redor de 15 °C ou menos) e relativamente seco (umidade relativa de 50% a 65%), na massa de semente. Após o ensaque, a semente é mantida em armazém com isolamento térmico, sendo importante que a temperatura e a umidade relativa do ar sejam monitoradas constantemente. Caso a semente venha a ser armazenada em ambiente climatizado, sugere-se a utilização de temperaturas mais baixas (de 10 °C a 15 °C), com umidade relativa do ar entre 50% a 60%.

Para o controle de insetos de sementes armazenadas, deve-se realizar expurgo com fosfina, utilizando 6 g do produto comercial por m³, mantendo-se a concentração de fosfina de pelo menos 400 ppm pelo período mínimo de 120 horas. Essa concentração por esse período é fundamental para o controle adequado de ovos, larvas, pupas e adultos desses insetos (para detalhes do expurgo ver Capítulo 14 “Colheita e pós-colheita de grãos”, item “Pragas de armazenamento”).

Transporte da semente

O transporte rodoviário por longas distâncias pode resultar em reduções significativas de vigor e de viabilidade, em decorrência dos aumentos nos índices de deterioração por umidade e de danos mecânicos à semente. Durante o transporte deve-se evitar que a semente seja colocada no mesmo compartimento de carga que contenha substâncias químicas prejudiciais a sua qualidade, como, por exemplo, alguns herbicidas. Caso a semente seja transportada em caminhões graneleiros, é importante que elas sejam protegidas por lonas impermeáveis de cor clara e, se possível, que essas lonas tenham algum tipo de isolante térmico. Há também a opção da realização do transporte em caminhões refrigerados, com temperaturas variando de 10 °C a 15 °C.

Armazenamento da semente na propriedade do agricultor

Após a aquisição, a semente é armazenada na propriedade, até o dia de semeadura. A semente, como ser biológico, deve receber todos os cuidados necessários para se manter viva e apresentar boas germinação e emergência no campo. Assim sendo, devem ser tomados cuidados especiais no seu armazenamento, tais como:

- Armazenar a semente em galpão bem ventilado, sobre estrados de madeira;
- Não empilhar as sacas de semente contra as paredes do galpão;
- Não armazenar semente junto com adubo, calcário ou agrotóxicos;
- O ambiente de armazenagem deve estar livre de fungos e roedores, assim como dentro do armazém a temperatura não deve ultrapassar 25 °C e a umidade relativa não deve ultrapassar 70%.

Caso essas condições não sejam possíveis na propriedade, indica-se que o agricultor somente retire a semente do armazém do seu fornecedor o mais próximo possível do dia da semeadura.

Qualidade da semente

Na compra da semente, indica-se que o agricultor conheça a qualidade do produto que está adquirindo. Para isso, existem laboratórios oficiais e particulares de análise de sementes que podem prestar esse tipo de serviço, informando a germinação, a pureza física e a qualidade sanitária da semente. Outra maneira de conhecer a qualidade do produto que se está adquirindo é consultando os documentos que atestam a qualidade da semente, que são o Boletim de Análise de Sementes, o Atestado de Origem Genética, o Certificado de Sementes, ou o Termo de Conformidade da semente produzida, que podem ser fornecidos pelo produtor ou pelo comerciante de sementes. Esses documentos transcrevem as informações dos resultados oficiais de análise de semente, que têm validade de seis meses, a partir da data de análise. Ao consultar esses documentos, o agricultor deve prestar atenção às informações referentes à germinação (%), pureza [semente pura (%), material inerte (%), outras sementes (%)]. Nesse último item, observar os índices de semente de outra espécie cultivada, de semente silvestre, de semente nociva tolerada e de semente nociva proibida. Esses valores devem estar de acordo com os padrões nacionais mínimos de qualidade de semente, estabelecidos para a soja, conforme constam na Tabela 2.

Além desses resultados, diversos produtores dispõem de resultados de análises complementares e os resultados podem também ser solicitados para facilitar a escolha dos lotes de sementes a serem adquiridos, como, por exemplo, o teste de emergência em campo em condições ideais de umidade e de temperatura do solo.

Alguns produtores dispõem também de resultados de testes de vigor, como por exemplo, o de tetrazólio (França-Neto; Krzyzanowski, 2018) e o de envelhecimento acelerado (Krzyzanowski et al., 1999). Esses resultados são de grande valia, visando à aquisição de sementes que comprovadamente apresentam boa qualidade.

Tabela 2. Padrões nacionais para a comercialização de sementes de soja [*Glycine max* (L.) Merr.].

1. PESO MÁXIMO DO LOTE (kg)	30.000			
2. PESO MÍNIMO DAS AMOSTRAS (g)				
- Amostra submetida ou média	1.000			
- Amostra de trabalho para análise de pureza	500			
- Amostra de trabalho para determinação de outras sementes por número	1.000			
3. PRAZO MÁXIMO PARA SOLICITAÇÃO DA INSCRIÇÃO DE CAMPOS (dias após a semeadura)	45			
4. PARÂMETROS DE CAMPO	Categorias/Índices			
4.1. Vistoria	Básica	C1⁽¹⁾	C2⁽²⁾	S1⁽³⁾ e S2⁽⁴⁾
- Área máxima da gleba (ha)	50	100	100	150
- Número mínimo ⁽⁵⁾	2	2	2	2
- Número mínimo de subamostras	6	6	6	6
- Número de plantas por subamostras	1000	500	375	250
- População da amostra	6000	3000	2250	1500
4.2. Rotação (ciclo agrícola)⁽⁶⁾	-	-	-	-
4.3. Isolamento ou Bordadura⁽⁷⁾ (mínimo em metros)	3	3	3	3
4.4. Plantas Atípicas⁽⁸⁾ (fora de tipo) (nº máximo)	3/6.000	3/3.000	3/2.500	3/1.500
4.5. Plantas de Outras Espécies⁽⁹⁾				
- Cultivadas/ Silvestres/Nocivas Toleradas	-	-	-	-
- Nocivas Proibidas	-	-	-	-
5. PARÂMETROS DE SEMENTE				
5.1. Pureza	Categorias/Índices			
	Básica	C1⁽¹⁾	C2⁽²⁾	S1⁽³⁾ e S2⁽⁴⁾
- Semente Pura (% mínima)	99,0	99,0	99,0	99,0
- Material Inerte ⁽¹⁰⁾ (%)	-	-	-	-
- Outras Sementes (% máxima)	0,0	0,1	0,1	0,1
5.2 Determinação de Outras Sementes por Número (nº máximo)				
	Outras	0	0	1
- Semente de outra espécie cultivada ⁽¹¹⁾	<i>Vigna unguiculata</i> ⁽¹²⁾	0	0	0
- Semente silvestre ⁽¹¹⁾		0	1	1
- Semente nociva tolerada ⁽¹³⁾		0	1	1
- Semente nociva proibida ⁽¹³⁾		0	0	0
5.3 Germinação (% mínima)	75⁽¹⁴⁾	80	80	80
5.4 Validez do teste de germinação⁽¹⁵⁾ (máxima em meses)	6	6	6	6
5.5 Validez da reanálise do teste de germinação⁽¹⁵⁾ (máxima em meses)	3	3	3	3

Continua...

⁽¹⁾Semente certificada de primeira geração; ⁽²⁾Semente certificada de segunda geração; ⁽³⁾Semente de primeira geração; ⁽⁴⁾Semente de segunda geração; ⁽⁵⁾As vistorias obrigatórias deverão ser realizadas pelo Responsável Técnico do produtor ou do certificador, nas fases de floração e de pré-colheita; ⁽⁶⁾Pode-se repetir a semeadura no ciclo seguinte quando se tratar da mesma cultivar. No caso de mudança de cultivar, na mesma área, devem-se empregar técnicas que eliminem totalmente as plantas voluntárias ou remanescentes do ciclo anterior; ⁽⁷⁾Entre campos de cultivares ou de categorias diferentes; ⁽⁸⁾Número máximo permitido de plantas, da mesma espécie, que apresentem quaisquer características que não coincidem com os descritores da cultivar em vistoria; ⁽⁹⁾Quando presentes no campo deverão ser empregadas técnicas que eliminem os efeitos do contaminante na produção e na qualidade da semente a ser produzida. As técnicas empregadas deverão ser registradas nos Laudos de Vistoria; ⁽¹⁰⁾Relatar o percentual encontrado e a sua composição no Boletim de Análise de Sementes; ⁽¹¹⁾As sementes de outras espécies cultivadas e sementes silvestres na Determinação de Outras Sementes por Número serão verificadas em Teste Reduzido - Limitado em conjunto com a análise de pureza; ⁽¹²⁾Essa determinação deverá ser realizada no peso total da amostra de trabalho para a Determinação de Outras Sementes por Número; ⁽¹³⁾Essa determinação será realizada em complementação à análise de pureza, observada a relação de sementes nocivas vigente; ⁽¹⁴⁾A comercialização de semente básica poderá ser realizada com germinação até 10 (dez) pontos percentuais abaixo do padrão, desde que efetuada diretamente entre o produtor e o usuário e com o consentimento formal deste; ⁽¹⁵⁾Excluído o mês em que o teste de germinação foi concluído.

Fonte: Brasil (2016).

Avaliação da qualidade na produção de sementes: DIACOM (Diagnóstico Completo da Qualidade da Semente de Soja)

Em razão da possível ocorrência de chuvas frequentes durante as fases de maturação e colheita da semente de soja, situação que pode acontecer em diversas regiões produtoras brasileiras, poderá ser comum o problema de baixa germinação de sementes em laboratório, pelo método do rolo de papel (Henning; França-Neto, 1980). Tais problemas são ocasionados pelos altos índices de sementes infectadas por *Phomopsis* spp. e/ou por *Fusarium incarnatum* (syn. *F. pallidoroseum*, *F. semitectum*).

A presença de tais fungos infectando as sementes resulta em altos índices de plântulas infectadas e de sementes mortas no teste de germinação. Tal fato pode comprometer o sistema de avaliação de germinação adotado pelos laboratórios, uma vez que, em tal situação, lotes de boa qualidade podem apresentar baixa germinação, porém a emergência a campo e a viabilidade determinada pelo teste de tetrazólio podem ser elevadas. O uso dos testes de tetrazólio, de análise sanitária e de emergência em areia, conforme preconiza o DIACOM, evita a perda de lotes

de boa qualidade, que normalmente seriam descartados, caso apenas o teste de germinação em substrato rolo de papel fosse utilizado.

Recomenda-se utilizar os testes de tetrazólio e patologia de sementes como métodos de avaliação da qualidade da semente, sempre que ocorrer baixa germinação, detectada pelas análises de rotina efetuadas nos laboratórios credenciados. Informações adicionais sobre tais testes podem ser obtidas nas publicações da Embrapa Soja sobre o assunto (França-Neto; Henning, 1992; Henning, 1996; França-Neto; Krzyzanowski, 2018).

Método alternativo para o teste de germinação de sementes de soja

Tal método deverá ser aplicado para as cultivares de soja sensíveis ao dano de embebição, quando lotes de sementes dessas cultivares apresentarem baixo conteúdo de água (menor do que 12%), resultando em elevado índice de anormalidades de raiz nas plântulas (maior que 6%), durante a avaliação da germinação, principalmente com substrato de rolo de papel. A adoção de tal procedimento alternativo visa evitar o descarte de lotes de boa qualidade.

Dois métodos alternativos poderão ser utilizados: a) teste de germinação em substrato de areia ou terra, sem a necessidade do pré-condicionamento das sementes (Krzyzanowski et al., 2018); b) pré-condicionamento da amostra de semente em ambiente úmido, antes da semeadura em substrato rolo de papel. Para efeito de comercialização, deverão ser considerados os lotes cujos incrementos em germinação sejam de no mínimo 6%. O pré-condicionamento consiste na colocação das sementes em “gerbox” com tela (do tipo utilizado no teste de envelhecimento acelerado), contendo 40 mL de água, pelo período de 16 a 24 horas a 25 °C. Após o pré-condicionamento, as sementes são semeadas normalmente em rolo de papel, conforme prescrevem as Regras de Análise de Sementes. Essas orientações estão incluídas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) nas instruções adicionais nº 70 do teste de germinação.

Tratamento de semente com fungicidas

O tratamento das sementes com fungicidas além de garantir melhor estabelecimento da população de plantas, protege as sementes e plântulas dos fungos habitantes do solo e controla patógenos importantes transmitidos pelas sementes, diminuindo a chance de sua introdução em áreas indenes.

As condições desfavoráveis à rápida germinação da semente e à emergência da plântula de soja, especialmente a deficiência hídrica, tornam mais lento esse processo, expondo as sementes por mais tempo a fungos do solo, como *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Fusarium* spp. e *Aspergillus* spp. (ex. *A. flavus*), entre outros, que podem causar a sua deterioração ou a morte da plântula.

Os principais patógenos transmitidos pela semente de soja são: *Cercospora kikuchii*, *Fusarium incarnatum* (syn. *F. pallidoroseum*, *F. semitectum*), *Phomopsis* spp. anamorfo de *Diaporthe* spp. e *Colletotrichum truncatum*. O melhor controle dos quatro primeiros patógenos citados é propiciado pelos fungicidas do grupo dos benzimidazóis. Dentre os produtos avaliados e indicados para o tratamento de sementes de soja, carbendazin, tiofanato metílico e tiabendazol são os mais eficientes no controle de *Phomopsis* spp., *Fusarium incarnatum*, *Cercospora kikuchii* e principalmente *Sclerotinia sclerotiorum*, quando presente na semente, na forma de micélio interno, dormente. Os fungicidas de contato tradicionalmente conhecidos (captan, thiram e tolylfluanid), que têm bom desempenho no campo quanto à emergência, não controlam, totalmente esses fungos, principalmente *Phomopsis* spp. e *Fusarium incarnatum* nas sementes que apresentam índices elevados desses patógenos (> 40%).

Os fungicidas de contato e sistêmicos, já formulados e mais indicados para o tratamento de sementes de soja são apresentados na Tabela 1.

Como realizar o tratamento

A função dos fungicidas de contato é proteger a semente contra fungos do solo e a dos fungicidas sistêmicos é controlar fitopatógenos presen-

tes nas sementes. Assim, é importante que os fungicidas estejam em contato direto com a semente.

O tratamento de semente com produtos indicados como fungicidas, inseticidas, nematicidas, micronutrientes e inoculantes pode ser feito em mistura de tanque, desde que os produtos sejam compatíveis entre si para a mistura. O inoculante não deve ser incluído nessa mistura, portanto, aplicado à semente no final do tratamento, ou aplicado no sulco de semeadura.

Tratamento de semente pelo produtor

Existem diversos modelos de máquinas para o tratamento da semente na propriedade. Esses equipamentos apresentam diversas vantagens, destacando-se:

- menor risco de intoxicação do operador, uma vez que os fungicidas são utilizados via líquida;
- melhores cobertura e aderência dos princípios ativos (fungicidas, inseticidas e nematicidas), dos micronutrientes e do inoculante às sementes;
- rendimento em torno de 60 a 70 sacos por hora;
- maior facilidade operacional, já que o equipamento pode ser levado ao campo, pois possui engate para a tomada de força do trator.

Tratamento Industrial de Sementes (TIS)

Em muitas empresas, o tratamento industrial de sementes (TIS) já faz parte das etapas do beneficiamento das sementes, sendo realizado com a utilização de equipamentos especiais e altamente sofisticados, os quais combinam a aplicação de fungicidas, inseticidas, micronutrientes, nematicidas, entre outros produtos. Esse tipo de tratamento vem ganhando espaço no mercado de sementes de soja (cerca de 40% das sementes são tratadas nesse sistema), no qual grande parte das empresas que comercializam as sementes já realiza o tratamento no pré-ensaque, antes do armazenamento ou no momento da entrega das sementes ao produtor.

Esse tratamento realizado na UBS apresenta uma série de vantagens em relação ao tratamento convencional (tambor ou betoneira):

- precisão do volume de calda e quantidade de sementes a serem utilizados;
- melhor cobertura da semente com o produto químico;
- menor risco de intoxicação dos operadores;
- maior rendimento por hora (existem no mercado máquinas para tratamento industrial, com capacidade de tratar até 30 toneladas de sementes por hora).

Entretanto, deve-se tomar cuidado com os pacotes de tratamento de sementes, pois muitas vezes é utilizada uma ampla gama de produtos na mesma semente, como a combinação de fungicidas, inseticidas, inóculantes, micronutrientes, nematicidas, reguladores de crescimento e polímeros, que podem causar fitotoxicidade às sementes, além do impacto ambiental, por causa do excesso de produtos utilizados, os quais muitas vezes não são necessários em determinadas realidades agrícolas ou situações.

O efeito fitotóxico pode afetar a qualidade fisiológica das sementes, reduzir a germinação e a emergência de plântulas. Esse efeito provoca engrossamento, encurtamento, rigidez e fissuras longitudinais em hipocôtilos, principalmente em semeaduras profundas; atrofia do sistema radicular; retardamento do desenvolvimento vegetativo da parte aérea das plantas, associado ao encurtamento da distância de entrenós e em algumas situações a presença de multibrotamento no nó cotiledonar, prejudicando o estabelecimento e reduzindo a produtividade da cultura.

Diante disso, é fundamental que os agricultores fiquem atentos à forma com que o mercado impõe esses pacotes de tratamento de sementes, levando em consideração alguns aspectos antes da sua realização:

- **necessidade do tratamento:** antes de realizar o tratamento o agricultor deve conhecer a necessidade da sua lavoura, pois de nada adianta tratar as sementes de soja com determinados inseticidas, nematicidas, entre outros produtos de ação específica se não existe a presença desses organismos em sua área;

- **eficiência dos produtos:** um aspecto muito importante é conhecer a eficiência dos produtos que estão sendo aplicados nas sementes; para isso o técnico que irá recomendar o tratamento, deve estar constantemente informado, por meio de dados de pesquisa ou informações técnicas, a fim de evitar uma aplicação menos eficiente e que somente elevará o custo da produção final da lavoura;
- **compatibilidade dos produtos:** é necessário sempre utilizar os produtos que são recomendados (e registrados no Mapa) para a cultura, e conhecer a compatibilidade entre as formulações aplicadas, como quando se aplicam inoculantes, pois em alguns trabalhos é possível verificar a redução da eficiência de alguns inoculantes pela influência de produtos (fungicidas).
- **volume de calda:** esse é um aspecto muito importante, pois, com a ampla variedade de produtos e pacotes para o tratamento de sementes de soja existentes no mercado, muitas vezes são aplicadas várias formulações, que podem exceder o volume de calda recomendado. Quando os produtos eram pós secos (em sua maioria) e a água era usada como o veículo para a aplicação dos fungicidas, utilizavam-se 600 mL/100 kg de sementes. Atualmente, a maioria dos produtos (misturas de fungicidas de contato + sistêmico) já vem formulada com outros veículos, incluindo corantes, polímeros, etc. Por essa razão que dependendo dos produtos (formulações) volumes de até 1.100 mL/100 kg de sementes já foram empregados sem prejuízo à qualidade das sementes. Porém, vale ressaltar que as sementes têm que ter alta qualidade fisiológica (germinação e vigor) e a semeadura deve ser efetuada logo após o tratamento. Sementes com danos mecânicos e baixo vigor, tendem a soltar o tegumento quando se utiliza volumes elevados de calda, prejudicando a qualidade da semente.

Informações adicionais sobre técnicas de produção de sementes de soja de alta qualidade e detalhes sobre os métodos práticos para a correta avaliação da sua qualidade podem ser obtidos consultando as publicações editadas pela Embrapa Soja: Documentos 380 – Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade (França-Neto et al., 2016) e Circular Técnica 136 – A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura (Krzyszowski et al., 2018).

Referências

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 21 nov. 2016. Seção 1, p. 1-7.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 395 p.
- COSTA, N. P. da; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PEREIRA, L. A. G.; BARRETO, J. N. Efeito de retardamento de colheita de cultivares de soja sobre a qualidade da semente produzida. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Resultados de pesquisa de soja 1982/83**. Londrina, 1983. p. 61-64.
- COSTA, N. P. da; MESQUITA, C. de M.; HENNING, A. A. Avaliação das perdas e qualidade de semente na colheita mecânica de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 3, n. 1, p. 59-70, 1979.
- FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **DIACOM**: diagnóstico completo da qualidade da semente de soja. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1992. 22 p. (Embrapa-CNPSO. Circular Técnica, 10).
- FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 94 p. (Embrapa Soja. Documentos, 406).
- FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. de; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).
- HENNING, A. A. **Patologia de sementes**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1996. 43 p. (Embrapa-CNPSO. Documentos, 90).
- HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes**: noções gerais. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 264).

HENNING, A. A.; FRANÇA-NETO, J. de B. Problemas na avaliação de germinação de sementes de soja com alta incidência de *Phomopsis* sp. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 2, n. 5, p. 9-22, 1980.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; COSTA, N. P. da. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 4 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica 27).

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 24 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 136).

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A.; COSTA, N. P. da. **O controle de qualidade agregando valor à semente de soja: série sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 54).

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; MESQUITA, C. de M. **Kit medidor de sementes partidas de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 12 p. 1 folder.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. de B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

MESQUITA, C. de M.; COSTA, N. P. da; QUEIROZ, E. F de. Influência dos mecanismos das colhedeiras e do manejo da lavoura de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] sobre as perdas na colheita e a qualidade das sementes. In: CONGRESO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 9., 1979, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFPB, 1980. p. 261-273.

Capítulo 14

Colheita e pós-colheita de grãos

Irineu Lorini, José Miguel Silveira, Marcelo Alvares de Oliveira, José Marcos Gontijo Mandarino, Ademir Assis Henning, Francisco Carlos Krzyzanowski, José de Barros França-Neto, Vera de Toledo Benassi, Osmar Conte, Fernando Augusto Henning

Colheita

A colheita constitui uma importante etapa no processo produtivo da soja, principalmente pelos riscos a que está sujeita a lavoura destinada ao consumo ou à produção de sementes. Essa etapa deve ser iniciada tão logo a soja atinja o estádio de ponto de colheita (R8), segundo a escala fenológica de Fehr e Caviness (1977), a fim de evitar perdas quantitativas e qualitativas de produto.

Fatores que afetam a eficiência da colheita

Para reduzir perdas é necessário que se conheçam as suas causas, sejam elas físicas ou fisiológicas. A seguir, são abordadas algumas causas “indiretas” de perdas na colheita.

- **Topografia e superfície do solo:** a irregularidade da superfície do terreno pode promover a perda de grãos de soja na colheita, principalmente por interferir na altura de corte das plantas. Quando o microrrelevo for muito irregular e a barra de corte, mesmo flexível, não conseguir acompanhar o contorno da superfície, as plantas de soja podem ser cortadas acima do pon-

to de inserção das primeiras vagens, resultando em perda. O fator topográfico, conferindo aos talhões inclinações elevadas, afeta fortemente a colheita mecanizada da soja. O deslocamento da colhedora transversal à inclinação do terreno provoca a concentração lateral do fluxo de material nos mecanismos de separação e limpeza, o que promove saída de grãos a partir das penas. Em deslocamento ascendente, a passagem do material trilhado pelos mecanismos de separação e limpeza será acelerada, o que também provoca perdas de grãos. Nesses casos, recomenda-se a redução da velocidade de operação, de forma que a taxa de alimentação seja menor e, consequentemente, o volume de material a passar pelos sistemas de separação e limpeza seja adequado.

- **Inadequação da época de semeadura, do espaçamento e da densidade:** a semeadura da soja em época inadequada pode acarretar baixa estatura das plantas e inserção das primeiras vagens rente ao solo. O espaçamento entre linhas e/ou a densidade de semeadura inadequados podem reduzir o porte das plantas ou aumentar o acamamento delas, o que, consequentemente, refletirá em maiores perdas na colheita.
- **Cultivares não adaptadas:** o uso de cultivares não adaptadas a determinadas regiões pode prejudicar a operação de colheita, decorrente da manifestação de características agronômicas indesejáveis nas plantas de soja.
- **Retardamento da colheita:** em lavouras destinadas à produção de sementes, muitas vezes a espera por menores teores de umidade para efetuar a colheita pode provocar a deterioração das sementes, pela ocorrência de chuvas inesperadas e consequente elevação da incidência de patógenos. Quando a lavoura for destinada à produção de grãos, o problema não é menos grave, pois quanto mais seca estiver a lavoura, maior poderá ser a deiscência, havendo ainda casos de reduções acentuadas na qualidade do produto.
- **Umidade inadequada:** a soja, quando colhida com teor de umidade entre 13% e 14%, tem minimizados os problemas de danos mecânicos e latentes nos grãos/sementes. A colheita de produto com teor de umidade superior a 14% resultará em uma maior incidência de danos mecânicos latentes, ao passo que, quando realizada com teores abaixo de 13%, estará suscetível ao dano mecânico imediato, ou seja, à quebra.

Principais causas das perdas

A subestimação da importância econômica das perdas e a consequente falta de monitoramento (avaliação com método adequado) do pro-

cesso de colheita são as principais causas de ocorrência de perdas/desperdícios de grãos/sementes durante o processo de colheita da soja.

- **Má regulagem e operação inadequada da colhedora:** na maioria das vezes, é causada pelo pouco conhecimento do operador sobre regulagens e operação da colhedora. O trabalho harmônico entre o molinete, a barra de corte, a velocidade da operação e os ajustes dos sistemas de trilha, separação, limpeza e transporte é fundamental para uma colheita eficiente, bem como o conhecimento de que a perda tolerável de grãos é de, no máximo, uma saca de 60 kg/ha (Silveira; Conte, 2013). A velocidade do molinete deve ser um pouco superior à da colhedora e é recomendado que o mesmo opere com seu eixo central um pouco à frente da barra de corte (de 0,15 m a 0,30 m), de modo que os pentes do molinete toquem o terço superior das plantas. Para ajustar a rotação ideal do molinete de 1,0 m a 1,2 m de diâmetro é necessário fazer uma marca na ponta do mesmo, em relação ao seu eixo e regular a sua rotação para cerca de 9,5 voltas em 20 segundos (para velocidade da colhedora até 5,0 km/h) ou, no máximo, 12,5 voltas em 20 segundos (para velocidade de 6,0 km/h). Para molinetes de 0,9 m de diâmetro, ajustar a rotação do mesmo para cerca de 10,5 voltas em 20 segundos (velocidade até 5,0 km/h) ou, no máximo, até 15 voltas em 20 segundos (velocidade 6,0 km/h). Indica-se colher com velocidades entre 4,0 km/h e 6,5 km/h. Para estimar a velocidade de deslocamento da colhedora são sugeridos dois métodos: a) em um período de tempo de 20 segundos, contar o número de passos largos (padrão adotado de aproximadamente 0,90 m/passo), ao caminhar na mesma velocidade e ao lado da máquina. Multiplicar o número de passos pelo fator 0,16 para obter a velocidade em km/h. Se o número de passos variar entre 25 e 41, o deslocamento da colhedora está de acordo com a recomendação; b) dispondo de uma trena ou uma corda, marcar e depois medir a distância percorrida em 20 segundos de deslocamento, dividir o resultado por 20 e multiplicar por 3,6 para obter a velocidade em km/h.

Tipos de perdas e onde elas ocorrem

Tendo em vista as várias causas de perdas que ocorrem numa lavoura de soja, os tipos ou as fontes de perdas podem ser definidos da seguinte maneira:

- perdas antes da colheita, causadas por deiscência natural ou pelas vagens caídas ao solo antes da colheita;

- perdas causadas pela plataforma de corte, que incluem as perdas por debulha, por altura de inserção e por acamamento das plantas na frente da plataforma;
- perdas por trilha, separação e limpeza, constituídas pelos grãos que tenham passado pela colhedora durante a operação.

Como avaliar as perdas

Para avaliar as perdas de grãos durante a colheita da soja, recomenda-se a utilização do copo medidor desenvolvido pela Embrapa que, ao correlacionar volume com massa, permite a determinação direta da perda tolerável (até 1 saco de 60 kg/ha) ou do desperdício (valores acima de 60 kg/ha), em sacas/ha, pela simples leitura no nível impresso no próprio copo (Figuras 1 e 2). O método de determinação das perdas consiste, basicamente, de duas operações – a coleta dos grãos em uma área delimitada de 2,0 m² e a leitura direta desses em uma escala. A armação correspondente a uma área de 2,0 m² para a coleta dos grãos pode ser feita de ripas de madeira e barbante. Uma medida fixa e padrão de armação de 4,0 m de largura por 0,5 m de comprimento pode ser adotada. Armações com dimensões variáveis podem também ser confeccionadas, em função da largura da plataforma de corte da colhedora; para determinar a medida do comprimento (X) desse tipo de armação, divide-se o número dois pela largura (Y) da plataforma ($X = 2/Y$). Por exemplo, para uma plataforma de 9,1 m de largura, o valor do comprimento da armação será: $2,0/9,1 = 0,22$ m ou 22 cm (Silveira; Conte, 2013). Para a determinação da perda total de grãos, após a passagem da colhedora, coloca-se a armação, coletam-se todos os grãos e todas as vagens de seu interior; uma vez debulhadas as vagens, deposita-se a totalidade dos grãos no copo medidor e obtém-se, diretamente, o valor da perda total naquele ponto de amostragem. Outros detalhes do método de avaliação e do uso do copo medidor encontram-se em Silveira e Conte (2013).

Pós-colheita

Na pós-colheita, os grãos são recepcionados e classificados conforme estabelece a normativa de soja. Depois seguem para a secagem e a padronização de umidade e são armazenados em silos ou armazéns. Durante o armazenamento, os grãos estão sujeitos à ocorrência de insetos-praga e fungos, os quais podem causar perdas de quantidade e qualidade, afetando a aptidão de uso da soja.

Foto: Marisa Yuri Horikawa



Medidor de Perdas de Grãos em SOJA

Área de medição: **2,0 m²**

Coletar os grãos em armação de medidas estabelecidas em função da largura da plataforma da colhedora e da área de medição

Nível tolerável de perda = 60 kg/ha

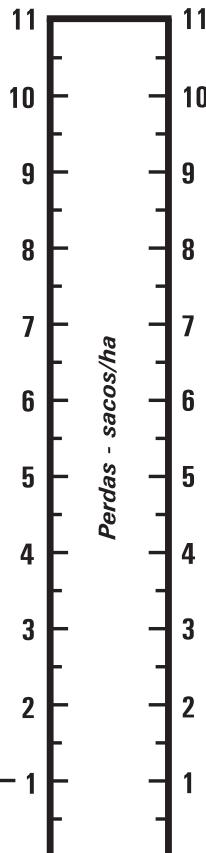


Figura 1. Detalhes da parte frontal e da escala graduada do copo volumétrico desenvolvido pela Embrapa para a determinação das perdas de grãos na colheita de soja.

Foto: Marisa Yuri Horikawa



Figura 2. Copo medidor desenvolvido pela Embrapa para a determinação das perdas de grãos na colheita de soja, indicando o nível tolerável (1 saco/ha) e o desperdício de aproximadamente 2,5 sacos/ha.

Classificação comercial dos grãos

No Brasil, a classificação é regulamentada pela Instrução Normativa Nº 11, de 15 de maio de 2007 e complementada pela Instrução Normativa Nº 37 de 27 de julho de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2007a; 2007b), permitindo identificar entre os fornecedores de matéria-prima aqueles que atendem às exigências do mercado. Isso garante que o produto adquirido seja realmente o ofertado e possibilita o reconhecimento do produto de melhor qualidade. Essas normativas determinam os defeitos, regras e limites de enquadramento do grão de soja que será comercializado. Os limites máximos do padrão são: 1% para matérias estranhas e impurezas, 8% de grãos esverdeados, 8% do total de avariados (nesses, pode-se ter o máximo de 1% de queimados, 6% de mofados e 4% de ardidos e queimados) e 30%

de partidos, quebrados e amassados. Dentre os principais defeitos nos grãos, podem-se citar:

- **ardidos:** grãos ou pedaços de grãos que se apresentam visivelmente fermentados em sua totalidade e com coloração marrom-escura acentuada, afetando o cotilédone;
- **mofados:** grãos ou pedaços de grãos que se apresentam com fungos (mofo ou bolor) visíveis a olho nu;
- **fermentados:** grãos ou pedaços de grãos que, em razão do processo de fermentação, tenham sofrido alteração visível na cor do cotilédone que não aquela definida para os ardidos;
- **danificados:** grãos ou pedaços de grãos que se apresentam com manchas na polpa, alterados e deformados, perfurados ou atacados por doenças ou insetos, em qualquer de suas fases evolutivas;
- **imaturos:** grãos de formato oblongo, que se apresentam intensamente verdes, por não terem atingido seu desenvolvimento fisiológico completo e que podem se apresentar enrugados;
- **chochos:** grãos com formato irregular, que se apresentam enrugados, atrofiados e desprovidos de massa interna;
- **esverdeados:** grãos ou pedaços de grãos com desenvolvimento fisiológico completo que apresentam coloração totalmente esverdeada no cotilédone;
- **avariados:** compreendem a soma dos ardidos, mofados, fermentados, danificados por insetos, imaturos, chochos, germinados e queimados.

Um dos principais causadores de avarias nos grãos de soja são os percevejos fitófagos que, por se alimentarem diretamente das vagens, atingem os grãos, afetando seriamente sua qualidade fisiológica e sanitária. Esse problema vem se tornando mais sério a cada safra, com elevadas populações, falta de monitoramento adequado e aplicação indiscriminada de produtos que levam ao desenvolvimento de resistência de populações, entre outros (Corrêa-Ferreira et al., 2009).

Secagem

A secagem dos grãos colhidos na lavoura é uma operação crítica, com reflexos na etapa de pós-colheita. Como consequência da secagem, podem ocorrer alterações significativas na qualidade do grão.

A secagem propicia um melhor planejamento da colheita e o emprego mais eficiente de equipamentos e de mão de obra, mantendo a qualidade do grão colhido.

O teor de umidade recomendado para armazenar o grão é da ordem de 13%. Desse modo, todo o produto colhido com umidade superior à indicada deve ser submetido à secagem. Em lotes com mais de 16% de umidade, recomenda-se a secagem lenta, para evitar danos físicos nos grãos. A temperatura máxima na massa de grãos não deve ultrapassar 60 °C, para manutenção da qualidade tecnológica do produto. Nos secadores, essa temperatura é obtida mediante a entrada de ar aquecido a mais ou menos 70 °C.

A secagem artificial de grãos caracteriza-se pela movimentação de grandes massas de ar aquecidas até atingirem temperaturas na faixa de 40 °C a 60 °C na massa de grãos, com o objetivo de promover a secagem de grãos em reduzido período de tempo. O aquecimento do ar ambiente requer uma alta potência térmica, obtida com a combustão controlada de diversos combustíveis. A lenha é o combustível mais usado na secagem de grãos, mas vem se difundindo o uso de GLP (gás liquefeito de petróleo) em secadores cujas condições de queima são mais controladas, em relação ao uso de lenha. As principais desvantagens do uso de lenha são: combustão descontínua e irregular, formação de fumaça que se impregna no grão, alta demanda de mão de obra e de espaço próprio para cultivo de espécies florestais.

Dependendo do tipo de secador, varia a temperatura de entrada do ar de secagem. Para atender às necessidades, os secadores existentes contemplam inúmeras formas construtivas e operacionais, destacando-se quanto ao sistema de carga (intermitentes ou contínuos) e quanto ao fluxo de ar (concorrente, contracorrente, cruzado ou misto).

Armazenamento

Os principais aspectos que devem ser cuidados no armazenamento, uma vez que os grãos de soja foram limpos e secos, são: as pragas, que dão prejuízo e muitas vezes dificultam a comercialização; os fungos, que po-

dem produzir micotoxinas nocivas ao homem e aos animais e os fatores que influenciam a qualidade tecnológica.

Pragas de armazenamento

A qualidade de grãos e sementes de soja na armazenagem pode ser influenciada pela ação de diversos fatores. Entre esses, as pragas de armazenamento, em especial os besouros *Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831) e as traças *Ephestia kuhniella* (Zeller, 1879) e *E. elutella* (Hübner, 1796), podem ser responsáveis pela deterioração física dos grãos e sementes (Lorini et al., 2010).

O conhecimento do hábito alimentar de cada praga é um elemento importante para definir o manejo a ser implementado nos grãos e sementes durante o período de armazenamento. Segundo esse hábito, as pragas podem ser classificadas em primárias ou secundárias.

As primárias são aquelas que atacam sementes e grãos inteiros e saudáveis, dependendo da parte que atacam, podem ser denominadas de primárias internas ou externas. As internas perfuram os grãos ou sementes e nesses penetram para completar seu desenvolvimento. Alimentam-se de todo o tecido de reserva dos grãos ou sementes e possibilitam a instalação de outros agentes de deterioração (Lorini et al., 2015). Um bom exemplo desse grupo é a espécie *L. serricorne*. As primárias externas destroem a parte exterior do grão ou da semente (tegumento) e, posteriormente, alimentam-se da parte interna sem, no entanto, se desenvolverem em seu interior. Há destruição do grão ou semente apenas para fins de alimentação (Lorini et al., 2015).

Pragas que dependem de grãos ou sementes já danificados ou quebrados para se alimentar são consideradas como secundárias, pois não conseguem atacá-los quando intactos. Ocorrem nos grãos e sementes trincados, quebrados ou mesmo danificados por pragas primárias e, geralmente, infestam desde o período de recebimento até o beneficiamento do produto. Possuem a característica de se multiplicar rapidamente e, na maioria das vezes, causam prejuízos elevados. Como exemplo desse

grupo, citam-se as espécies *C. ferrugineus* e *O. surinamensis* (Lorini, 2008; Lorini et al., 2015).

Em levantamento realizado durante o período de armazenagem de soja, França-Neto et al. (2010) identificaram várias espécies de insetos-praga. Esse levantamento foi realizado em armazéns de grãos e sementes em seis municípios localizados nos estados do Rio Grande do Sul (Espumoso), do Paraná (Palotina, Londrina e Mandaguari), de São Paulo (Orlândia) e de Mato Grosso (Alto Garças). Verificou-se a presença das espécies *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763), *C. ferrugineus*, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792), *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797), *Liposcelis bostrychophila* (Badonnel, 1931), *O. surinamensis*, *L. serricorne* e *Ephestia* spp. A espécie de maior abundância foi *S. oryzae*, seguida de *Ephestia* spp. e *R. dominica*. Mesmo em baixa frequência nesse levantamento, *L. serricorne* passou a ser uma praga importante no armazenamento de soja, justificando medidas de controle, por não ser tolerada a presença de nenhum inseto vivo na comercialização dos grãos.

Pragas em soja armazenada podem representar uma preocupação para os armazenadores, uma vez que: (a) os estoques de grãos permanecem por mais tempo no armazém sujeitos ao ataque das pragas; (b) a migração de insetos é facilitada pelo armazenamento de outros grãos na mesma unidade armazenadora; e (c) os compradores de grãos passaram a não tolerar pragas na expedição do produto no armazém.

Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenados (MIP)

A integração de diferentes métodos de controle é prática essencial para obter sucesso na supressão de pragas de grãos e sementes armazenados. A resistência de pragas a inseticidas, crescente no Brasil, exige a integração de outros métodos, além do controle químico. Os métodos físicos, que antecederam os químicos no controle de pragas no passado, devem ser retomados e adequados ao uso presente e futuro. Também o controle biológico precisa ser definido quanto à sua parcela de contribuição na redução das populações de pragas. Se for associado a métodos físicos de controle, poderá ter melhor desempenho no controle das pragas.

O controle químico, adotado na maioria das unidades armazenadoras pela facilidade e pela simplicidade de uso, tem apresentado outras limitações, além do aumento da resistência de pragas aos inseticidas empregados, como a contaminação de alimentos pelos resíduos que ficam no grão. A solução para reduzir o efeito de pragas em grãos e sementes não é simples e exige competência técnica, envolvendo integração dos métodos possíveis de utilização, em cada unidade armazenadora, aliado a um sistema eficiente de monitoramento. Essas táticas, que consistem no Manejo Integrado de Pragas de Grãos Armazenados (MIPGRÃOS) ou Manejo Integrado de Pragas de Sementes Armazenadas (MIPSEMENTES), associadas a medidas preventivas e curativas de controle, permitirão ao armazenador manter o produto isento de insetos, evitando perdas quantitativas e mantendo a qualidade da comercialização e do consumo do produto. Essas técnicas de MIPGRÃOS e MIPSEMENTES, cujas etapas foram descritas por Lorini (2008), dependem essencialmente de:

a) Mudança de comportamento dos armazenadores

É a fase inicial e mais importante de todo o processo, na qual todas as pessoas responsáveis, desde operadores até dirigentes das instituições que atuam nas unidades armazenadoras de grãos ou Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS), devem estar envolvidas. Nessa fase, o objetivo é a conscientização sobre a importância das pragas no armazenamento e os danos diretos e indiretos que podem causar.

b) Conhecimento da unidade armazenadora de grãos e da UBS

Operadores e administradores de unidades armazenadoras devem conhecê-las em todos os seus detalhes, desde a recepção do produto até a sua expedição, após o período de armazenamento. Em inspeções prévias, os pontos de entrada e abrigo de pragas dentro do sistema de armazenagem devem ser identificados e previstos. Também deve ser levantado o histórico do controle de pragas na unidade armazenadora e na UBS nos anos anteriores.

c) Medidas de limpeza da unidade armazenadora e da UBS

Embora as medidas preventivas da infestação de pragas, como a limpeza

de armazéns e UBS, sejam muito importantes na conservação de grãos e sementes, além de mais simples de serem executadas e de menor custo, são insuficientemente realizadas pelos responsáveis pela armazenagem. Consistem na eliminação de todos os resíduos nas instalações, incluindo os armazéns que receberão o produto, os corredores, as passarelas, os túneis, os elevadores, as moegas, etc. Esses locais devem ser varridos, sendo os resíduos de grãos, sementes e pó coletados e eliminados. A estrutura física deve ser lavada com água, em alta pressão, para eliminar os insetos residentes (localizados nas paredes, no teto e nos pisos) e resistentes aos inseticidas. Além disso, é recomendável queimar ou enterrar esses resíduos para evitar a proliferação de insetos e fungos, que poderão reinfestar a unidade armazenadora.

d) Medidas de higienização da unidade armazenadora e da UBS

Após a limpeza, os locais deverão ser pulverizados preventivamente com inseticidas líquidos ou em pó, à base de terra de diatomáceas, para eliminar os insetos presentes em paredes e em equipamentos. Os póis inertes, à base de terra de diatomáceas, constituem uma alternativa aos produtos químicos tradicionais para o controle de pragas durante o armazenamento; são provenientes de fósseis de algas diatomáceas, que possuem fina camada de sílica, geralmente de origem marinha. O preparo da terra de diatomáceas para uso comercial é feito por extração, secagem e moagem do material fóssil, o qual resulta em pó seco, de fina granulometria. No Brasil, existem produtos comerciais, à base de terra de diatomáceas, registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento como inseticidas indicados para controle de pragas de armazenamento de grãos e sementes.

O melhor desempenho dos produtos à base de terra de diatomáceas é por causa da perda de água do corpo dos insetos, cujo tamanho reduzido e apêndices longos e delgados facilitam a evaporação. Sabe-se, ainda, que os insetos morrem quando perdem cerca de 30% de seu peso total ou 60% do teor corpóreo de água e que sua proteção contra a desidratação ocorre por uma barreira lipídica epicuticular com espessura média de 0,25 μ m (Korunic, 1998). Em virtude dos insetos de produtos

armazenados viverem em ambientes muito secos, a conservação de água é crucial para sua sobrevivência. O pó inerte adere à epicutícula dos insetos por um mecanismo de carga eletrostática, levando à desidratação corporal, em consequência dos efeitos de adsorção de ceras da camada lipídica pelos cristais de sílica ou de abrasão da cutícula, ou de ambos. Quando as moléculas de cera da camada superficial são adsorvidas pelas partículas de sílica, ocorre o rompimento da camada lipídica protetora, o que permite a evaporação dos líquidos do corpo do inseto (Golob, 1997; Korunic, 1998).

A atividade inseticida pode ser afetada pela mobilidade dos insetos, pelo número e pela distribuição de pelos na cutícula, pelas diferenças quantitativas e qualitativas nos lipídios cuticulares das diferentes espécies de insetos, pelo tempo de exposição e pela umidade relativa do ar, fatores que influenciam a taxa de perda de água, afetando, consequentemente, a eficiência dos pós inertes (Ebeling, 1971; Le Patourel, 1986; Al-dryhim, 1990; Banks; Fields, 1995; Golob, 1997; Korunic, 1998; Lorini et al., 2003).

O tratamento da unidade armazenadora de grãos e/ou sementes com terra de diatomáceas possui algumas vantagens em relação aos demais tratamentos, tais como: a) controle das diversas pragas que ocorrem na unidade; b) longo efeito residual; c) menor risco de manuseio para os operadores; d) controle de populações de pragas resistentes aos inseticidas químicos (sintéticos); e e) maior dificuldade de desenvolver resistência em insetos. Trata-se de produto seguro para o usuário e de efeito inseticida duradouro, pois não perde eficácia ao longo do tempo.

O uso de pós inertes à base de terra de diatomáceas para controlar pragas em sementes e grãos armazenados é um avanço substancial no setor, pois atende à demanda dos usuários por produtos eficientes e que respeitem a saúde das pessoas e o ambiente. Os inseticidas indicados, Keepdry, Insecto e Silicon Protect, podem ser usados na proporção de 1,0 kg/t de produto a ser tratado e a aplicação pode ser feita misturando ao grão ou à semente, ou polvilhando na estrutura armazenadora (Lorini, 2008). Uma vez realizada a higienização da unidade armazenadora ou

UBS, essas poderão receber os grãos ou sementes limpos e secos, de preferência com 13% de umidade, o que também auxilia na prevenção da infestação.

e) Correta identificação de pragas

As pragas que atacam os diferentes tipos de grãos e sementes devem ser identificadas taxonomicamente, pois dessa identificação dependerão as medidas de controle a serem tomadas e a consequente potencialidade de destruição dos grãos e sementes. As pragas de grãos e sementes armazenados podem ser divididas em dois grupos de maior importância econômica, que são os besouros e as traças. No primeiro grupo, as espécies que causam maior prejuízo são *L. serricorne*, *O. surinamensis* e *C. ferrugineus* e, no segundo, *E. kuehniella*.

f) Conhecimento sobre a resistência de pragas aos inseticidas químicos

A resistência de pragas aos produtos químicos é uma realidade global e cada vez mais deve ser considerada, de forma consciente, por todos os envolvidos no processo, uma vez que pode inviabilizar o uso de alguns inseticidas disponíveis no mercado e causar perdas de elevados investimentos de capital.

g) Potencial de destruição de cada espécie-praga

Cada espécie-praga apresenta uma forma de danificar o grão ou a semente, implicando em prejuízo parcial ou integral em função do ataque. O verdadeiro dano e a consequente capacidade de destruição dos grãos e sementes, pela espécie-praga, devem ser perfeitamente entendidos, pois determinam a viabilidade de comercialização dos grãos ou sementes.

h) Tratamento curativo

O expurgo ou a fumigação é uma técnica empregada para eliminar qualquer infestação de pragas em grãos e sementes armazenados por meio do uso de gás (Lorini et al., 2013). O único tratamento curativo disponível atualmente é o expurgo com fosfina, independente da apresentação

comercial. Entretanto, é importante lembrar que já foram detectadas raças de pragas resistentes a esse fumigante (Lorini et al., 2007). Além disso, para uso de fosfina, a temperatura e a umidade relativa do ar no armazém a ser expurgado são de extrema importância, pois determinarão a eficiência do processo. O tempo mínimo de exposição das pragas à fosfina deve ser de 168 horas para temperatura superior a 10 °C. Abaixo de 10 °C não é aconselhável usar fosfina em pastilhas, pois a liberação do gás será muito lenta, afetando o expurgo. A umidade relativa do ar deve ser superior a 20%, no intervalo das 168 horas, desaconselhando-se o procedimento com umidade inferior a 20%, pois a liberação do gás também poderá ser muito lenta. Para definir o período de exposição, a temperatura e a umidade relativa do ar devem ser consideradas, prevalecendo, entre os dois, sempre o fator mais limitante (Lorini, 2008; 2012).

O expurgo deve ser empregado sempre que houver infestação, seja em produto recém-colhido infestado na lavoura, seja após um período de armazenamento em que houve infestação no armazém. O expurgo pode ser realizado nos mais diferentes locais, desde que seja observada a perfeita vedação do local e as normas de segurança para os produtos químicos. Assim, pode ser realizado em lotes de sementes, silos de concreto e metálicos, armazéns graneleiros, tulhas, vagões de trem, porões de navios, câmaras de expurgo, entre outros. O gás introduzido no interior da câmara de expurgo deve ser mantido em concentração letal para as pragas. Por isso, qualquer saída ou entrada de ar deve ser vedada, sempre com materiais apropriados, como a lona de expurgo. Para lotes de sementes ensacadas, é essencial a colocação de pesos sobre as lonas de expurgo ao redor dos lotes, para garantir a vedação.

Em trabalhos de expurgo com fosfina realizados na Embrapa Soja, em Londrina, PR (Krzyszowski et al., 2010), não foi detectado efeito sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. Nos testes de comprimento de plântulas e de hipocótilo, que indicam toxidez do produto nas cultivares e nos dois níveis de vigor avaliados, não foi detectado efeito dos níveis de fosfina, demonstrando que esse produto é seguro para expurgo de sementes de soja.

Para que o expurgo seja eficiente, ou seja, para que os insetos sejam eliminados, independentemente da fase do ciclo de vida, a concentração de fosfina deve ser mantida, no mínimo, em 400 ppm por pelo menos 120 horas de exposição (Lorini et al., 2011) e a distribuição do gás no interior do silo deve ser uniforme. No trabalho de Krzyzanowski et al. (2010), foi verificado que o expurgo foi eficaz, uma vez que a concentração do gás fosfina, monitorada durante todo o experimento, ficou acima de 400 ppm durante as 168 horas de exposição.

i) Monitoramento da massa de grãos e lote de sementes

Uma vez armazenados, os produtos devem ser monitorados durante todo o período em que permanecerem estocados. O acompanhamento da evolução de pragas que ocorrem na massa de grãos ou em lote de sementes armazenadas é de fundamental importância, pois permite detectar o início de infestações que poderão alterar a qualidade final. Para isso, são usadas planilhas de monitoramento de pragas na unidade, com avaliações quinzenais, anotando-se a presença das pragas em cada ponto crítico de infestação. O monitoramento tem por base um sistema eficiente de amostragem de pragas - como o uso de armadilhas fixas de captura de insetos ou peneiras de malha não inferior a 2,0 mm e a medição de variáveis, como temperatura e umidade, que influenciam na conservação do produto armazenado. As amostragens registram o início da infestação e direcionam a tomada de decisão por parte do armazensor, para garantir a qualidade do produto final.

j) Gerenciamento da unidade armazenadora e da UBS

Todas as medidas para o Manejo Integrado de Pragas, de Grãos e Sementes Armazenados devem ser tomadas, por meio de atitudes gerenciais, durante a permanência de grãos ou sementes no armazém e não somente durante o recebimento do produto, permitindo, dessa forma, que todos os procedimentos contribuam no processo e garantindo a diminuição na incidência das perdas e melhora da qualidade para comercialização e consumo.

O armazenador brasileiro está procurando novos conhecimentos e formas de operar melhor suas unidades armazenadoras, buscando a máxima eficiência nos processos, produtos e serviços para se manter competitivo. Sistemas de rastreabilidade dos grãos estão sendo implantados no País, baseados em Boas Práticas de Fabricação (BPF) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), atendendo normas internacionais como as da ISO. Esses sinais de mudanças precisam ser imediatamente absorvidos para garantir a competitividade do grão brasileiro. As pragas de produtos armazenados são um dos grandes obstáculos para manter a competitividade do grão de soja no mercado internacional, pois aparecem como barreiras à comercialização no momento de grande crescimento da produção de grãos no País. Se as medidas de controle não forem adequadamente tomadas, além da perda física causada pelo consumo das pragas, o grão brasileiro, com certeza, perderá valor no mercado.

Fungos de armazenamento

Diversas espécies de *Penicillium* e *Aspergillus* podem infectar qualquer semente ou grão, pois esses fungos, chamados “fungos de armazenamento” são capazes de se desenvolver sobre quase todo tipo de matéria orgânica, desde que as condições de temperatura e de umidade relativa do ar ambiente sejam favoráveis (Henning, 2005). Em semente de soja armazenada com umidade acima de 13%, predomina *Aspergillus flavus*. Além de deteriorarem a semente, eles podem produzir micotoxinas. A micotoxina é um metabólito secundário, produzido por certos tipos de fungos, que pode causar danos aos animais e ao homem, por causa do seu potencial tóxico (Oliveira et al., 2010).

Os produtos agrícolas estão constantemente sujeitos à contaminação fúngica, sendo que as principais espécies de fungos toxigênicos com capacidade de produzir micotoxinas são aqueles dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, sendo esse último um fungo de campo, não de armazenamento.

Em grãos e produtos processados, as principais micotoxinas relatadas são: aflatoxinas (B1, B2, G1, G2), deoxinivalenol, nivalenol, ocratoxina

A e zearalenona, (Gonçalez et al., 2001; Sassa et al., 2003; Martinelli et al., 2004). As aflatoxinas e as ocratoxinas são produzidas por fungos do gênero *Aspergillus*, enquanto deoxinivalenol, nivalenol e zearalenona por fungos do gênero *Fusarium* (Salinas, 2006).

Qualidade tecnológica da soja

A soja é um alimento calórico-proteico importante para diminuir a desnutrição no mundo (Tabela 1). Além de ser uma fonte de proteína de boa qualidade para a alimentação humana, de modo geral, é uma excelente alternativa para os vegetarianos. A fração lipídica dos grãos é rica em ácidos graxos poli-insaturados e isenta de colesterol. Quanto aos carboidratos, deve-se salientar que os grãos maduros não contêm amido e, entre os açúcares, há oligossacarídeos com atividade prebiótica, além das fibras solúveis e insolúveis. O farelo obtido após a extração do óleo é matéria-prima de alta qualidade para a fabricação de rações animais.

Tabela 1. Composição centesimal média da soja em grão.

Energia (Kcal)	Umidade (g/100 g)	Proteínas (g/100 g)	Lipídios (g/100 g)	Carboidratos (g/100g)		Cinzas (g/100g)
				Açúcares	Fibras	
417	11	38	19	10	17	5

Fonte: Kagawa (1995).

A qualidade tecnológica dos grãos está associada a atributos quantitativos e qualitativos. Os atributos quantitativos estão relacionados com o teor de umidade e, principalmente, de lipídios e proteínas. Entretanto, os atributos qualitativos da fração proteica (composta por globulinas, glutelinas, albuminas e prolaminas) e da fração lipídica, são extremamente importantes para caracterizar a qualidade tecnológica e destinar os grãos de soja para a produção de diferentes produtos e linhas de processamento.

Dentre as proteínas vegetais, a proteína da soja é uma excelente opção para substituir as proteínas animais do ponto de vista nutricional, pois contém todos os aminoácidos essenciais e em proporção adequada,

excetuando-se apenas os aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), com níveis baixos de concentração (Canto; Turatti, 1989).

As propriedades tecnológicas das proteínas de soja dependem das condições e do local de cultivo, da colheita e estocagem dos grãos (Genovese; Lajolo, 1992). O efeito do grau de maturação, da cultivar, das condições de estocagem, do porcentual de grãos danificados e do processamento alteram as propriedades físico-químicas e funcionais das proteínas da soja, principalmente, viscosidade, espumabilidade, capacidade de geleificação e capacidade emulsificante (Carrão-Panizzi et al., 2006).

A indústria alimentícia utiliza uma ampla variedade de ingredientes à base de soja em suas formulações, tanto pelo custo relativamente baixo quanto por sua funcionalidade tecnológica. As aplicações desses ingredientes dependem de suas propriedades funcionais, que variam de acordo com o grau de desnaturação sofrido pelas proteínas (Wagner; Añon, 1990). As proteínas da soja são sensíveis às diferentes condições de desnaturação. Como a maioria dos alimentos processados sofrem tratamentos térmicos durante seu processamento, a desnaturação pelo calor é de interesse particular, pois diminui a solubilidade das proteínas, principalmente o calor úmido. Assim sendo, os índices que medem a solubilidade das proteínas são de extrema importância para se avaliar o grau de tratamento térmico aplicado aos produtos proteicos de soja. Os mais comuns são o Índice de Solubilidade de Nitrogênio (ISN) e o Índice de Dispersibilidade de Proteína (IDP) (Carrão-Panizzi et al., 2006).

Os índices ISN e IDP são utilizados para caracterizar a solubilidade de preparações proteicas comerciais de soja, tais como: farinha e farelo desengordurados, concentrados e isolados proteicos. Com relação à interação com os óleos e as gorduras no preparo de produtos cárneos, a proteína de soja é utilizada para promover sua absorção e retenção, diminuindo, assim, perdas durante o cozimento. Na formulação de massas que serão submetidas à fritura, a adição de farinha de soja com alto valor de ISN reduz em até 60% a absorção de óleo durante a fritura da massa; nesse caso, a proteína de soja se desnatura, formando barreira

superficial que limita a migração interna do óleo de fritura (Wijeratne, 1991).

A capacidade que as proteínas de soja possuem para melhorar certas propriedades em um sistema alimentar, tal como formar e estabilizar emulsões, depende de numerosos fatores. Assim sendo, o conteúdo de proteínas, sua solubilidade, sua capacidade de dispersão, o pH do meio, a temperatura e os métodos de processamento alteram suas propriedades funcionais e tecnológicas (Hutton; Campbell, 1977; Wang et al., 1997).

Em relação aos teores de óleo, as cultivares de soja apresentam uma variação entre 15% e 25% de lipídios totais. Dentre os óleos vegetais, o óleo de soja é o mais consumido pela população brasileira, representando cerca de 90% de todos os óleos e gorduras consumidos no Brasil. No mundo, esse consumo atinge entre 20% e 24% (Mandarino et al., 2006; Osaki; Batalha, 2011).

O emprego do óleo de soja apresenta muitas vantagens, tais como: alto conteúdo de ácidos graxos essenciais (poli-insaturados); formação de cristais grandes, que são facilmente filtráveis, quando o óleo é hidrogenado e fracionado; alto índice de iodo, que permite a sua hidrogenação, produzindo grande variedade de gorduras plásticas e refino com baixas perdas (Pouzet, 1996).

Os índices de acidez e peróxidos são os principais parâmetros para se determinar a qualidade de óleos, uma vez que indicam a presença de rancidez hidrolítica e oxidativa, respectivamente. Esses dois índices são importantes na determinação da qualidade tecnológica dos grãos de soja, principalmente aqueles destinados à produção de óleo comestível (Ferreira et al., 2008).

O índice de peróxidos é influenciado por fatores como: estrutura química dos ácidos graxos, teor e tipo de compostos pró-oxidantes e/ou antioxidantes, condições e tempo de estocagem (Silva; Rogez, 2013). Em razão da sua ação oxidante, os peróxidos orgânicos, formados no

ínicio da rancificação, atuam sobre o iodeto de potássio, liberando iodo, que será titulado com tiosulfato de sódio, em presença de amido como indicador. Esse método determina todos os compostos, em termos de miliequivalentes de peróxido por 1000 g de amostra, que oxidam o iodeto de potássio (Zenebon et al., 2008). Esses são geralmente peróxidos ou outros compostos similares resultantes da oxidação dos óleos e gorduras.

Já o índice de acidez pode ser influenciado por fatores como: maturação dos grãos, estocagem, ação enzimática, qualidade dos grãos/sementes e processo de extração do óleo (por ação mecânica e/ou por solvente) (Cardoso et al., 2010). O índice de acidez está intimamente relacionado com a qualidade da matéria-prima. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio. A decomposição ou rancidez oxidativa dos triacilgliceróis é acelerada por fatores como aquecimento, luz, presença de oxigênio, metais, dentre outros. A rancidez é quase sempre acompanhada pela formação de ácidos graxos livres, frequentemente expressos em termos de acidez do componente ácido principal que, no caso da soja, é o ácido linoleico, expressa em gramas (g) por 100 g (Zenebon et al., 2008).

Quando os grãos de soja estão em formação e até a fase de sua maturação fisiológica, o índice de acidez do óleo varia naturalmente, entre 0,3% e 0,5%. Quando os grãos estão em condições de colheita (máximo 22% umidade b.u.), inicia-se o processo degradativo, ocasionado por manuseio inadequado, até a fase industrial, onde são toleráveis níveis não superiores a 0,7% de ácidos graxos livres. Esses necessitam ser neutralizados, em função do nível de tolerância do mercado de óleo de soja, que é, no máximo, 0,05% de ácidos graxos livres (O'Brien, 2004).

O óleo bruto extraído dos grãos pode apresentar alto percentual de ácidos graxos livres, em razão dos danos qualitativos ocorridos no campo ou durante o armazenamento. Esse parâmetro é monitorado durante todo o processamento do óleo de soja, uma vez que identifica problemas potenciais, para os quais podem ser iniciadas ações corretivas.

A neutralização da acidez, realizada com produtos alcalinos, implica em custos adicionais ao processo de produção. Estudos mostram que as perdas de óleo, por causa da acidez, atingem o dobro do índice de acidez, ou seja, para cada 0,1% de acidez, ocorre uma perda de óleo de 0,2% (Freitas et al., 2001).

Dependendo do processo, da capacidade industrial e do nível de acidez final do óleo, o volume de recursos despendido pela indústria poderá chegar a alguns milhões de dólares anuais para reduzir essa acidez para o nível exigido comercialmente. Ressalta-se que esse custo não se aplica apenas à neutralização dos ácidos, mas também na quantidade de óleo perdido, na quantidade de energia gasta, nos custos de mão de obra e encargos sociais, na capacidade de produção, no desgaste e na manutenção de equipamentos, além da necessidade de investimentos em máquinas para esse fim específico (Lacerda-Filho et al., 2008).

Nas últimas safras, a quantidade de grãos verdes tem aumentado, pois condições de estresse por altas temperaturas e seca, insetos (percevejos principalmente) e doenças têm ocasionado a formação de grãos de soja pequenos, enrugados, descoloridos e imaturos, com coloração esverdeada (presença de clorofila). Nas situações de deficit hídrico e altas temperaturas, as plantas de soja suprimem a absorção de nutrientes para o seu desenvolvimento ou morrem antes do amadurecimento completo da semente (Mandarino, 2012). Resumindo, estresses bióticos e abióticos em plantas imaturas resultam em morte prematura ou maturação forçada de plantas, podendo produzir sementes e grãos esverdeados, que resultarão numa acentuada redução da qualidade dos grãos e sementes e em severa redução na produtividade da lavoura (França-Neto et al., 2012).

A eliminação da clorofila residual na produção do óleo de soja pode ser realizada utilizando-se terras clarificantes, como diatomáceas ou montmorilonitas, que reduzem os valores de peróxido, eliminam a cor esverdeada do óleo e incrementam os tempos de indução, restaurando sua estabilidade (Freitas et al., 2001).

As perdas, em valores, que ocorrem em razão da presença de grãos verdes, são pouco conhecidas. Sabe-se que o óleo extraído de um lote com alta porcentagem de grãos verdes terá em sua composição um alto índice de clorofila, o qual promove o desenvolvimento de oxidações indesejáveis. Quanto maior o teor de clorofila, maior a quantidade de terras clarificantes necessária para a redução desse pigmento no óleo, elevando, consequentemente, seu custo de produção (Freitas et al., 2001).

Assim, existe correlação positiva entre danos causados por percevejos, grãos ardidos e acidez do óleo, o que mostra a importância do controle de percevejos nas lavouras de soja. A redução dos danos por percevejo proporcionará melhor qualidade nos grãos de soja recebidos pela indústria que, consequentemente, produzirá óleo de melhor qualidade e com menor custo (Freitas et al., 2001).

Outro fator importante para a qualidade, tanto da proteína quanto do óleo, são as condições adequadas de armazenamento dos grãos de soja antes do seu processamento, bem como as condições de envase do óleo e de armazenamento do farelo resultante (Genovese; Lajolo, 1992).

Referências

- ALDRYHIM, Y. N. Efficacy of the amorphous silica dust, Dryacide, against *Tribolium confusum* Duv. and *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 26 p. 207-210, 1990.
- BANKS, H. J.; FIELDS, P. G. Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems. In: JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; MUIR, W. E. (Eds.). **Stored-grain ecosystems**. New York: Marcell Dekker, 1995. p. 353-409.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 11, de 15 de maio de 2007. Estabelece o Regulamento Técnico da Soja, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade intrínseca e extrínseca, a amostragem e a marcação ou rotulagem. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 93, p. 13-15, 16 maio 2007a. Seção 1. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=17751>>. Acesso em: 26 nov. 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 37, de 27 de julho de 2007. Altera o inciso IV, do art. 2º, do Capítulo I, do anexo da Instrução Normativa n. 11, de 15 de maio de 2007, que passa a vigorar com alterações, dando-se nova redação às alíneas "b" e "g" e acrescentando-se a alínea "h". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 145, p. 9, 30 jul. 2007b. Seção 1. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do;jsessionid=6bedb5dbd6a5bfa1a9673053660563fba5429ccf5a58301e6cb082d5f791fc49.e3uQbh0LahaSe38Mb40?operacao=visualizar&id=17997>>. Acesso em: 26 nov. 2019.
- CANTO, W. L.; TURATTI, J. M. Produção e mercado de produtos intermediários proteicos de soja no Brasil. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 7, n. 2, p. 111-139, 1989.
- CARDOSO, L. G. V.; BARCELOS, M. F. P.; OLIVEIRA, A. F.; PEREIRA, J. A. R.; ABREU, W. C.; PIMENTEL, F. A.; CARDOSO, M. G.; PEREIRA, M. C. A. Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos de azeites obtidos de diferentes variedades de oliveiras introduzidas no Sul de Minas Gerais – Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 127-136, 2010.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; CRANCIANINOV, W. S.; MANDARINO, J. M. G. Índice de solubilidade de nitrogênio e índice de dispersibilidade de proteína, em cultivares de soja semeadas em Londrina e Ponta Grossa, PR. In: CONGRESO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. p. 132-133.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MINAMI, C. A. **Percevejos e a qualidade da semente de soja:** série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 15 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 67).

EBELING, W. Sorptive dusts for pest control. **Annual Review of Entomology**, v. 16, p. 122-158, 1971.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development.** Ames: Iowa State University, 1977. 12 p. (Iowa Cooperative Extensive Service. Special Report, 80).

FERREIRA, E. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S.; SILVEIRA, C. S. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart). **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 427-433, 2008.

FRANÇA-NETO, J. de B.; PÁDUA, G. P.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CARVALHO, M. L. M.; HENNING, A. A.; LORINI, I. **Semente esverdeada de soja e sua qualidade fisiológica:** série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 15 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 91).

FRANÇA-NETO, J. de B.; LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; MALLMANN, C. A. Ocorrência de contaminantes em grãos e sementes de soja armazenados em diversas regiões brasileiras. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 31., 2010, Brasília, DF. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 467-469.

FREITAS, M. A.; GILIOLI, J. L.; MELO, M. A. B.; BORGES, M. M. O que a indústria quer da soja? **Revista Cultivar**, v. 3, n. 26, p. 16-21, 2001. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/gc26_soja.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2013.

GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Physicochemical properties of isolated soy proteins from normal, broken or damaged seeds. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 6, p. 1378-1381, 1992.

GOLOB, P. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 33, p. 69-79, 1997.

GONÇALEZ, E.; PINTO, M. M.; FELICIO, J. D. Análise de micotoxinas no Instituto Biológico de 1989 a 1999. **Biológico**, v. 63, n. 1/2, p. 15-19, 2001.

HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes**: noções gerais. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 264).

HUTTON, C. W.; CAMPBELL, A. M. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems; nitrogen solubility index and water absorption. **Journal of Food Science**, v. 42, n. 2, p. 454-456, 1977.

KORUNIC, Z. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. **Journal of Stored Products Research**, v. 34, p. 87-97, 1998.

KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I.; FRANCA NETO, J. de B.; HENNING, A. A. Efeito do expurgo com fosfina na qualidade fisiológica da semente de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 31., 2010, Brasília, DF. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 464-466.

LACERDA FILHO, A. F.; DEMITO, A.; VOLK, M. B. S. **Qualidade da soja e acidez do óleo**. 2008. (Nota Técnica). Disponível em: <<http://www.sop.eng.br/pdfs/6d2b57671ce672243df5ff377a083fb3.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2014.

LE PATOUREL, G. N. J. The effect of grain moisture content on the toxicity of a sorptive silica dust to four species of grain beetle. **Journal of Stored Products Research**, v. 22, p. 63-69, 1986.

LORINI, I. Insetos que atacam grãos de soja armazenados. In: HOFFMAN-N-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 421-444.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.

LORINI, I.; COLLINS, P. J.; DAGLISH, G. J.; NAYAK, M. K.; PAVIC, H. Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). **Pest Management Science**, v. 63, p. 358-364, 2007.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. Monitoramento da liberação do gás PH3 por pastilhas de fosfina usadas para expurgo de sementes. **Informativo Abrates**, v. 21, n. 3, p. 57-60, 2011.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas.** Brasília, DF: Embrapa, 2015. 84 p.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **Expurgo da semente de soja com fosfina e seu efeito na qualidade fisiológica:** série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 97).

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento:** série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 73).

LORINI, I.; MORÁS, A.; BECKEL, H. **Tratamento de sementes armazenadas com pós inertes à base de terra de diatomáceas.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 4 p. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, 113). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co113.htm>. Acesso em: 16 fev. 2019.

MANDARINO, J. M. G. **Grãos verdes:** influência na qualidade dos produtos à base de soja: série sementes. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 5 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 90).

MANDARINO, J. M. G.; BRUEL, F. H.; SÁ, M. E. L. Propriedades físico-químicas da soja. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 239, p. 22-26, 2006.

MARTINELLI, J. A.; BOCCHESE, C. A. C.; XIE, W.; O'DONNELL, K.; KISTLER, H. C. Soybean pod blight and root rot caused by lineages of the *Fusarium graminearum* and the production of mycotoxins. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 492-498, 2004.

O'BRIEN, R. D. (Ed.). **Fats and oils**: formulating and processing for applications. Boca Raton: CRC Press, 2004. 574 p.

OLIVEIRA, M. A. de; LORINI, I.; MALLMANN, C. A. As micotoxinas e a segurança alimentar na soja armazenada. **Brasilian Journal of Food Tecnology, III SSA**, p. 87-91, nov. 2010. Disponível em: <http://bjft.ital.sp.gov.br/edicao_especial.php>. Acesso em: 9 abr. 2014.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. **Revista DAE**, v. 13, p. 1-3, 2011.

POUZET, A. Presentation of some results of the Concerted Action on the management of oilseed crops in the European Union. **OCL Oleagineux Corps Gras Lipides**, v. 6, n. 1, p. 6-21, 1996.

SALINAS, V. M. V. Micotoxinas: un factor de riesgo la seguridad alimenticia. **Revista Aniane**, v. 11, n. 54, p. 10-14, 2006.

SASSAHARA, M.; YANAKA, E. K.; PONTES NETO, D. Ocorrência de aflatoxina e zearalenona em alimentos destinados ao gado leiteiro na Região Norte do Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 1, p. 63-72, 2003.

SILVA, J. J. M.; ROGEZ, H. Avaliação da estabilidade oxidativa do óleo bruto de açaí (*Euterpe oleracea*) na presença de compostos fenólicos puros ou de extratos vegetais amazônicas. **Química Nova**, v. 36, n. 3, p. 400-406, 2013.

SILVEIRA, J. M.; CONTE, O. **Determinação das perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 28 p. (Catálogo 05/2013).

WAGNER, J. R.; AÑON, M. C. Influence of denaturation, hydrophobicity and sulphhydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 3, p. 765-770, 1990.

WANG, S. H.; CABRAL, L. C.; FERNANDES, S. M. Bebidas à base de extrato hidrossolúvel de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 2, p. 73-77, 1997.

WIJERATNE, W. B. Functional properties of soy proteins in food systems. In: TANTEERATARM, K. (Ed.). **Soybean processing for food uses**. Illinois: INTSOY/University of Illinois, 1991. p. 34-53.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Coords.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 589-625.

Anexos

Anexo 1. Estadios de desenvolvimento da soja com tipo de crescimento determinado e indeterminado.

Fonte: Oliveira Junior et al. (2016).

Continua...

ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA CULTURA DA SOJA¹

FASE VEGETATIVA

V1
Um par de folhas
unifolioladas
(ou um nó)²



V2
Primeiro trifólio
completamente desenvolvido³
(ou dois nós)



V3
Dois trifólios
completamente desenvolvidos
(ou três nós)



V4
Três trifólios
completamente desenvolvidos
(ou quatro nós)



V5
Quatro trifólios
completamente desenvolvidos
(ou cinco nós)



V6
Cinco trifólios
completamente desenvolvidos
(ou seis nós)



Vn
...

Estádio de coleta de folhas para
diagnose nutricional (8 a 10 nós)

R1
Uma flor aberta
em qualquer nó na
haste principal



R2
Uma flor aberta em
um dos nós superiores
na haste principal com
folha completamente
desenvolvida



R3
Vagem de 0,5 cm
a 2,0 cm em um dos
quatro nós superiores
na haste principal



R4
Vagem completamente
desenvolvida (>2,0 cm)
em um dos quatro
nós superiores na
haste principal



R5.1
Início do enriamento
de grãos (<10% de
granação) em um
dos quatro nós
superiores na
haste principal



R5.3
Enriamento de
grãos (26 a 50% de
granação) em um
dos quatro nós
superiores na
haste principal



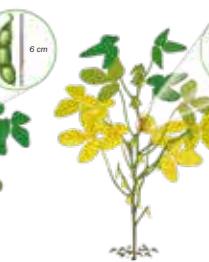
R5.5
Enriamento de
grãos (76 a 100% de
granação) em um
dos quatro nós
superiores na
haste principal



R6
Grão cheio ou
completo em um
dos quatro nós
superiores na
haste principal



R7
Início da maturação.
Uma vagem com
coloração de
madura na
haste principal



R8
Maturação plena.
Mais de 95% das
vagens com
coloração de
madura



Estádio de coleta de folhas para
diagnose nutricional (8 a 10 nós)



Estádios da flor



Estádios da vagem



Estádios da semente



Estádios da maturação

¹ Adaptado de Fehr & Caviness (1977) e Ritchie et al. (1997) | ² O nó cotiledonal não é considerado | ³ Uma folha é considerada completamente desenvolvida quando as bordas do trifólio da folha imediatamente superior não mais se tocam

AUTORES: Adilson de Oliveira Junior e Cesar de Castro (Embrapa Soja); Leonardo Régis Pereira e Cleyton da Silva Domingos (Fortgreen). ILUSTRAÇÃO: Gabriel Rosa



PATROCÍNIO

SISTEMA FAEP

