

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

# Bioinsumos na cultura da soja

*Maurício Conrado Meyer  
Adeney de Freitas Bueno  
Sérgio Miguel Mazaro  
Juliano Cesar da Silva*

Editores Técnicos

*Embrapa  
Brasília, DF  
2022*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Soja**

Rodovia Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta  
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR  
Fone: (43) 3371 6000 Fax: (43) 3371 6100  
www.embrapa.br/  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

**Unidade responsável pelo conteúdo e edição**

Embrapa Soja

**Comitê Local de Publicações**

**Presidente:** *Alvadi Antonio Balbinot Junior*

**Secretária-Executiva:** *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

**Membros:** *Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros França Neto, Liliane Márcia Mertz-Henning, Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani Zavaglia Pereira e Norman Neumaier*

**Supervisão editorial:** *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

**Normalização bibliográfica:** *Valéria de Fátima Cardoso*

**Projeto gráfico e editoração eletrônica:** *Edil Gomes*

**Capa:** *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

1ª edição: 2022

1ª impressão: PDF digitalizado

O conteúdo do livro, bem como a exatidão das citações e referências, são de inteira responsabilidade dos autores.

**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

---

Bioinsumos na cultura da soja / Maurício Conrado Meyer... [et al.] editores técnicos – Brasília,  
DF: Embrapa, 2022.  
550 p.

ISBN: ISBN: 978-65-87380-96-4

1. Soja. 2. Produção vegetal. 3. Insumo. 4. Fertilizante. I. Meyer, Maurício Conrado. II. Bueno, Adeny de Freitas. III. Mazaró, Sérgio Miguel. IV. Silva, Juliano Cesar da.

CDD: 633.34: 631.8 (21. ed.)

---

Valéria de Fátima Cardoso (CRB 9/1188)

©Embrapa, 2022

# Contribuição do melhoramento genético da soja para o manejo de doenças e pragas

Carlos Alberto Arrabal Arias

Clara Beatriz Hoffmann Campo

Rafael Moreira Soares

Maurício Conrado Meyer

## Introdução

O Brasil ocupa a posição de maior produtor mundial de soja. O monocultivo da cultura em grandes extensões de área e durante longo período de tempo, inclusive com semeadura de soja sobre soja, tem promovido o agravamento de problemas fitossanitários envolvendo pragas, doenças e plantas daninhas, além de promover mudanças significativas nos sistemas produtivos, gerando aumento nos custos de produção e redução da sustentabilidade de todo o sistema. Uma das formas para garantir o potencial e a estabilidade de produção das cultivares comerciais é através da resistência/tolerância genética contra doenças e pragas da soja, as quais representam importantes fatores restritivos para o rendimento, comprometendo a rentabilidade dos produtores pelas perdas ocorridas ou pelo aumento dos custos com o uso de defensivos. Embora não incluídas como um bioinsumo pelo Programa Nacional de Bioinsumos (Brasil, 2020), as tecnologias presentes nas cultivares de soja, geradas ao longo dos últimos anos, constituem verdadeiras ferramentas biológicas para o manejo dos principais problemas fitossanitários da cultura.

A resistência ou a tolerância genética expressa nas cultivares é uma das práticas mais eficientes, econômicas e seguras no controle de pragas e doenças, além de ser uma tecnologia limpa por não agredir o meio ambiente (Arias et al., 2001). O programa de melhoramento da Embrapa e seus parceiros tem mantido em suas cultivares a resistência genética a doenças importantes como a mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina*), a pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*), o cancro da haste (*Diaporthe aspalathi*) e, mais recentemente, a podridão radicular de fitóftora (*Phytophthora sojae*). Essas características são bem trabalhadas pelas empresas obtentoras e, em geral, a resistência a essas doenças está presente na maioria das cultivares comerciais, promovendo o controle e reduzindo a importância relativa dessas doenças. Algumas plataformas transgênicas que envolvem a tecnologia Bt também oferecem proteção contra as principais lagartas da cultura da soja: lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*), lagarta falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*), lagarta-das-maçãs (*Chloridea virescens*) e broca-das-axilas ou broca dos ponteiros (*Crociosema aporema*), além de supressão às lagartas dos gêneros *Elasmo* (*Elasmopalpus lignosellus*) e *Helicoverpa* (*H. zea* e *H. armigera*). Apesar da grande contribuição dessas

características genéticas para a solução desses problemas fitossanitários, especial atenção será dada neste capítulo a outros problemas tais como a ferrugem-asiática, os nematoides e os percevejos em função dos seus potenciais impactos para a cultura.

A ferrugem-asiática é uma doença que infecta as folhas da soja provocando redução na capacidade de fotossíntese das plantas e consequente redução na produtividade de grãos (Yorinori et al., 2021). Os percevejos causam danos diretos nos grãos, atraso na maturação, retenção foliar e, além disso, também causam danos indiretos ao introduzir o aparelho bucal (estilete) para se alimentar, abrindo uma porta para entrada de microrganismos que podem acelerar a deterioração das sementes (Panizzi et al., 2012). Já os nematoides atacam as raízes da soja, prejudicando seu desenvolvimento e servindo de porta de entrada para outras doenças (Grigolli e Asmus, 2014). Assim, os três problemas têm alto potencial para redução da produtividade e qualidade dos grãos.

No caso da ferrugem-asiática, o custo anual apenas para o controle químico ultrapassa os R\$ 14 bilhões (Consórcio Antiferrugem, 2021) e estimativas indicam que as perdas anuais no Brasil provocadas por fitonematoides superam R\$ 16,5 bilhões (Favoreto et al., 2019). A perda anual por grãos avariados no Brasil é superior a R\$ 1,0 bilhão, sendo que 85% dos defeitos encontrados se devem aos percevejos (Lorini, 2019).

Entre as tecnologias presentes nas cultivares de soja geradas pela Embrapa e seus parceiros, destacam-se a resistência à ferrugem-asiática (tecnologia Shield®), a resistência aos principais nematoides da soja (cisto - RNC e galhas - RNG) e a tolerância aos percevejos (tecnologia Block®) que é exclusivamente desenvolvida pela Embrapa. A RNC e a RNG são essenciais para a sustentabilidade da soja em áreas com a presença dos nematoides, pois a resistência genética é o método mais eficiente e barato de controle. No caso das tecnologias Shield® e Block® (Embrapa, 2018; Embrapa, 2019a), os produtores são estimulados a monitorar tanto a ferrugem quanto os percevejos, para tomada de decisão mais segura e racional, adotando o controle químico dentro dos preceitos do manejo integrado de doenças (MID) e de pragas (MIP). Assim, aplicações desnecessárias de fungicidas e de inseticidas são evitadas, assegurando produtividade, colaborando no manejo da resistência aos produtos fitossanitários e reduzindo a contaminação ambiental e humana por esses produtos. Cultivares Block® ainda reduzem os descontos na comercialização e perdas na qualidade dos grãos armazenados decorrentes de danos provocados pelos percevejos, tornando o sistema de produção mais rentável e sustentável.

A seguir, será apresentado um relato de cada uma dessas soluções genéticas, as quais podem ocorrer de forma isolada ou combinada e com variações de incidência e severidade ao longo das diversas regiões edafoclimáticas brasileiras (RECs).

### Ferrugem-asiática da soja

A ferrugem-asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, tem sido a doença de maior atenção na cultura da soja desde a sua chegada ao Brasil há duas décadas, por apresentar elevado potencial de dano por meio de desfolha antecipada das plantas, podendo chegar a atingir 90% de redução da produtividade (Hartman et al., 2015; Yorinori et al., 2021). Seu agente causal é um fungo biotrófico obrigatório (só sobrevive e se multiplica em tecido vivo do hospedeiro), o que poderia lhe render uma desvantagem

competitiva, mas, por outro lado, ele é capaz de completar vários ciclos reprodutivos durante o ciclo da cultura da soja, gerando uma enorme quantidade de uredosporos (estruturas propagativas do fungo) que são eficientemente disseminados a longas distâncias pelo vento.

A edição do genoma de referência de três isolados monospóricos de *P. pachyrhizi* revelou que o seu tamanho varia entre 1,057Gb e 1,274 Gb (JGI, 2019), constituindo-se em um dos maiores genomas dentre os fitopatógenos conhecidos e proporcional ao tamanho do genoma da planta da soja, que é de 1,115 Gb (Schmutz et al., 2010). Cerca de 90% das sequências encontradas no genoma de *P. pachyrhizi* são constituídas por sequências repetitivas e DNA não codificante, abrangendo também várias famílias de transposons, o que confere ao patógeno uma grande capacidade de adaptação às adversidades impostas pelas medidas de controle da doença, principalmente a pressão de seleção para resistência a fungicidas e a quebra de resistência varietal da soja (Embrapa, 2019b; Godoy et al., 2020).

As estratégias de controle estão baseadas na adoção de medidas legislativas como as determinações estaduais de períodos de vazio sanitário e de calendarização da semeadura, no escape da doença com a semeadura de cultivares precoces no início do período de semeadura, no emprego de controle químico pela pulverização com fungicidas foliares e no uso de cultivares com genes de resistência (Godoy et al., 2020). A extrema capacidade de adaptação do patógeno o torna muito eficaz em sobrepor essas medidas de controle que, se não forem adotadas em conjunto e simultaneamente, não surtem efetividade de forma isolada.

A resistência genética de cultivares de soja à ferrugem-asiática é atualmente empregada pela introgressão de genes maiores denominados *Rpp*. O desenvolvimento de cultivares com a presença de um ou alguns genes *Rpp* vem sendo realizado principalmente pelos programas de melhoramento da Embrapa (tecnologia Shield®, Tabela 1) e pela Tropical Melhoramento e Genética (tecnologia Inox®), com 21 cultivares lançadas até o momento.

Dez genes *Rpp* ou alelos já foram identificados e mapeados em sete loci no genoma da soja, sendo eles o *Rpp1*, *Rpp2*, *Rpp3*, *Rpp4*, *Rpp5*, *Rpp6* e *Rpp7* (Bromfield; Hartwig, 1980; Mclean; Byth, 1980; Hartwig; Bromfield, 1983; Hartwig, 1986; Hyten et al., 2007; Monteros et al., 2007; Garcia et al., 2008; Silva et al., 2008; Chakraborty et al., 2009; Kim et al., 2012; Li et al., 2012; Childs et al., 2018).

A diferenciação entre cultivares resistentes e suscetíveis à ferrugem-asiática é feita pelo tipo de lesão produzida em cada uma. As cultivares suscetíveis apresentam lesões do tipo TAN (Figura 1-A e B), de coloração marrom-claro que produzem grande quantidade de urédias e uredosporos, aumentando rapidamente o número de lesões na folha, causando clorose e queda prematura da mesma. As cultivares resistentes apresentam lesões do tipo RB (*Reddish Brown*; Figura 1-C e D), de coloração castanho-avermelhada, de tamanho maior que as lesões TAN e com pouco ou nenhuma esporulação, o que permite que a folha não colapse como ocorre nas cultivares suscetíveis (Godoy et al., 2020).

A resistência conferida pelos genes *Rpp* não é do tipo imunidade, e a variabilidade genética do patógeno permite sobrepor esta resistência da planta em algum tempo, à medida que as populações resistentes de *P. pachyrhizi* se multipliquem e prevaleçam na região. Dessa forma, a aplicação de fungicidas continua sendo necessária também nas cultivares resistentes, visando conter ao máximo a proliferação de populações resistentes de *P. pachyrhizi*. Entretanto, considerando a efetividade dos genes *Rpp*, estas

**Tabela 1.** Cultivares de soja da Embrapa contendo soluções tecnológicas para o manejo de pragas, doenças e nematoides (RNC - resistência ao nematoide de cisto; RNG - resistência aos nematoides de galhas; Shield® - resistência à ferrugem-asiática e Block® - tolerância ao complexo de percevejos).

Cultivar	GM <sup>1</sup>	Macroregião de Indicação <sup>2</sup>	RNC <sup>3</sup>	RNG (Mj) <sup>4</sup>	RNG (Mi) <sup>5</sup>	Shield®	Block®
Cultivares Convencionais							
BRS 523	5.8	MR 1 e 2					X
BRS 539	6.1	MR 2		X		X	X
BRS 284	6.3 e 7.1	MR 1, 2, 3 e 4		X			
BRS 511	6.4 e 6.9	MR 1, 2, 3 e 4		X		X	
BRS 391	6.4	MR 2		X	X		X
BRS 317	6.6 e 7.1	MR 2, 3 e 4			X		
BRS 232	6.9 e 7.4	MR 1, 2, 3 e 4			X		
BRSMG 534	7.1	MR 3 e 4				X	
BRSMG 715A	7.1	MR 3	X	X			
BRS 531	7.3	MR 3 e 4	X			X	
BRS 7181	7.1	MR 3 e 4				X	
BRS 7381	7.3	MR 3 e 4				X	
BRS 7481	7.4	MR 3 e 4		X	X		
BRS 7483	7.4	MR 3 e 4				X	
BRS 7980	7.9	MR 3, 4 e 5	X	X	X		
BRS 8581	8.5	MR 3 e 4		X			
Cultivares RR							
BRS 433RR	5.8	MR 1, e 2		X			
BRS 543RR	6.0	MR 2					X
BRS 399RR	6.0 e 6.7	MR 1, 2, e 3	X	X	X		
BRS 7280RR	7.2	MR 3 e 4				X	
BRS 7380RR	7.3	MR 3 e 4	X	X	X		
BRS 7581RR	7.5	MR 3 e 4	X				
BRS 8182RR	8.1	MR 3 e 4				X	
BRS 8382RR	8.3	MR 3 e 4				X	
BRS 8781RR	8.7	MR 3, 4 e 5		X	X		
Cultivares IPRO							
BRS 1061IPRO	6.1	MR 2		X			
BRS 1001IPRO	6.2 e 6.9	MR 1, 2 e 3		X			
BRS 1003IPRO	6.3 e 7.0	MR 1, 2 e 3		X			X
BRS 1074IPRO	7.4	MR 2 e 3		X			
BRS 5980IPRO	6.1	MR 3 e 4	X	X			
BRS 7180IPRO	7.1	MR 3 e 4		X	X		
BRS 7470IPRO	7.4	MR 3 e 4		X			

<sup>1</sup>Grupo de maturidade; <sup>2</sup> Verificar as indicações específicas para cada cultivar dentro de sua região edafoclimática (REC, segundo a 3ª aproximação); <sup>3</sup>Verificar junto ao obtentor as reações para diversas raças do nematoide de cisto *Heterodera glycines*; <sup>4</sup>Mj= *Meloidogyne javanica*; <sup>5</sup>Mi= *Meloidogyne incognita*.





**Figura 1.** Lesões do tipo TAN (A e B) de coloração marrom-claro, características de cultivares suscetíveis à ferrugem-asiática. Lesões do tipo RB - *Reddish Brown* (C e D) de coloração marrom-avermelhada, características de cultivares resistentes.

cultivares permitem a redução do número de pulverizações, com intervalos mais longos que os usados nas cultivares suscetíveis. Os benefícios de uma cultivar resistente com a tecnologia Shield® em relação a um padrão comercial suscetível, após uma, duas ou três aplicações com fungicidas podem ser vistos na Tabela 2, que mostra resultados de duas safras com ocorrência severa da ferrugem-asiática. A tecnologia Shield® conseguiu manter o rendimento de grãos, o peso de 100 grãos e o ciclo com uma única aplicação de fungicida. Para aumentar a eficiência dessa tecnologia, as cultivares resistentes não devem ser semeadas tardiamente, visando uma menor exposição às maiores pressões de inóculo observadas no final de cada safra (Embrapa, 2018; Godoy et al., 2020).

Por apresentarem características de retardar o progresso da ferrugem-asiática, as cultivares com genes *Rpp* são mais adequadas para uso em sistema de produção de soja orgânica ou com ênfase no controle biológico de doenças, observando-se as medidas de prevenção da quebra de resistência através da rotação de cultivares com diferentes genes *Rpp*, evitando-se semeaduras tardias e utilização de fungicidas permitidos nestes sistemas, sempre que necessário (Seixas et al., 2017).

**Tabela 2.** Comparativo de rendimento, peso de 100 grãos e número de dias para a maturação entre um padrão suscetível e a cultivar BRS 539 com a tecnologia Shield® após uma, duas ou três aplicações com fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, nas safras 2017/2018 e 2019/2020 em Londrina, PR.

Genótipo	Tratamento <sup>1</sup>	Rendimento (kg/ha)	Peso 100 grãos (g)	Dias para maturação
Safr 2017/2018				
Padrão Suscetível	T1	3610 b	14,5 b	112 b
	T2	4713 a	17,5 a	113 ab
	T3	4403 ab	17,5 a	114 a
BRS 539	T1	5019 a	18,8 a	111 a
	T2	4897 a	19,2 a	112 a
	T3	4383 a	18,5 a	114 a
Safr 2019/2020				
Padrão Suscetível	T1	3381 b	11,8 c	108 c
	T2	3999 a	13,9 b	111 b
	T3	4395 a	14,4 a	113 a
BRS 539	T1	4127 a	14,6 a	109 a
	T2	3592 a	14,8 a	112 a
	T3	3996 a	14,6 a	112 a

<sup>1</sup> T1 = uma única aplicação de Fox Xpro® (bixafen 62,5 g/ha + protriocanazol 87,5 g/ha + trifloxistrobina 75 g/ha) + Aureo® (0,5 L/ha) + Unizeb Gold® (mancozebe 1,5 kg/ha) em pré-fechamento das linhas de semeadura da soja; T2 = T1 + uma aplicação com Ativum® (piraclostrobina 65 g/ha + epoxiconazol 40 g/ha + fluxapiraxade 40 g/ha) + Assist® (0,5 L/ha) + Unizeb Gold® (mancozebe 1,5 kg/ha) aos 15 dias após a primeira aplicação; T3 = T1 + T2 + uma aplicação com Aproach Prima® (picoxistrobina 60 g/ha + ciproconazol 24 g/ha) + Nimbus® (0,75 L/ha) + Unizeb Gold® (mancozebe 1,5 kg/ha) aos 15 dias após a segunda aplicação. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Nematoides de galhas e de cisto

Diversas espécies de nematoides atacam a cultura da soja e, no Brasil, os maiores danos à cultura são devidos aos nematoides de galhas (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica*), nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*), nematoide das lesões (*Pratylenchus brachyurus*) e nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) (Dias et al., 2010).

O uso de cultivares resistentes é o método de manejo mais barato e eficaz para o controle dos nematoides, embora deva ser adotado em conjunto com outras medidas, como a rotação de cultura e o manejo adequado do solo. A redução da população dos nematoides no solo é o principal benefício da utilização de cultivares resistentes, uma vez que estas impedem ou reduzem a reprodução do patógeno em suas raízes. No germoplasma da soja não existem fontes de resistência para todos os nematoides e, até o presente momento, as fontes mais conhecidas e exploradas são para os nematoides de galhas (NGS) e o nematoide de cisto da soja (NCS).



O desenvolvimento de uma cultivar comercial de soja com resistência a nematoides pode ser demorado e trabalhoso. Atualmente, o trabalho foi simplificado e tornou-se mais ágil com a transferência da resistência para cultivares melhoradas, diminuindo a necessidade de utilizar como fonte de resistência germoplasmas selvagens, que apresentam algumas características indesejáveis. A incorporação da resistência é dificultada pela complexidade das bases genéticas que controlam o caráter, pela ocorrência de variabilidade interespecífica e intraespecífica nas populações de nematoides e pela dificuldade em se realizar a avaliação das linhagens segregantes com precisão e mais precocemente.

Embora boa parte dos programas brasileiros de melhoramento genético de soja ainda selecionem linhagens resistentes com base em avaliações fenotípicas, a tendência é que se passe a utilizar cada vez mais o mapeamento dos genes de resistência com marcadores moleculares e a utilização destas marcas na seleção indireta, aumentando a eficiência dos programas de melhoramento. Em soja, marcas de várias naturezas associadas a genes de resistência aos NGS e ao NCS já foram identificadas e disponibilizadas (Arias et al., 2001; Silva et al., 2001b; Fuganti et al., 2004; Passianotto et al., 2017; Alekcevetch et al., 2021).

#### - *Nematoide de Cisto da Soja*

O potencial de danos e a existência de várias raças fazem do NCS uma das doenças mais importantes da soja no Brasil e, embora existam algumas cultivares resistentes, a demanda atual é por cultivares com resistência às diversas raças. O problema com o NCS está presente em cerca de 150 municípios localizados em 10 Estados (MG, MT, MS, GO, SP, PR, RS, BA, TO e MA). Em áreas onde já foi detectado, o produtor tem que conviver com esse nematoide, uma vez que sua erradicação é praticamente impossível. Ainda é preciso considerar a evolução e a adaptação desse fitonematoide, uma vez que já foram encontradas 11 raças (1, 2, 3, 4, 4+, 5, 6, 9, 10, 14 e 14+) no País (Dias et al., 2010).

O sintoma característico de ocorrência do NCS em soja é a presença de plantas atrofiadas e cloróticas, com poucas vagens, e distribuídas em reboleiras na lavoura. Em locais onde a população do patógeno é muito alta, pode ocorrer morte prematura de plantas. Como esses sintomas não são causados exclusivamente pelo NCS, o diagnóstico definitivo deve ser realizado com base nos sinais do nematoide, que evidenciam a presença de fêmeas encistadas presas às raízes, de coloração branca ou amarela.

Após a detecção do NCS no Brasil na safra 1991/92, os programas de melhoramento genético de soja do país passaram a incorporar resistência nas cultivares, utilizando genótipos norte-americanos originados de Peking e/ou das PIs 88788, 90763 e 437654 (Hartwig) como fontes de resistência. Os primeiros resultados desse trabalho na Embrapa possibilitaram o lançamento das cultivares BRSMG Renascença e BRSMG Liderança, resistentes à raça 3, para Minas Gerais; BRSMG Preciosa, resistente à raça 3, para Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Distrito Federal; BRSMG Robusta, resistente à raça 3, para Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso e Bahia; BRSMT Pintado, BRSMT Tucunaré, BRSMT Caxara, BRSMT Matrinxã e BRSMT Piraíba, resistentes às raças 1 e 3, para Mato Grosso e BRSGO Chapadões (resistente às raças 1, 3, 4 e 14) e BRSGO Ipameri (resistente às raças 3 e 14) para Goiás (Dias et al., 2010). Diferentemente do ocorrido nos Estados Unidos, as primeiras cultivares resistentes brasileiras exibiram altas produtividades e, conseqüentemente, tiveram grande aceitação pelos sojicultores.

A base genética e a herança da resistência ao NCS em soja são complexas e ainda não completamente entendidas. Mais de 30 QTL (Quantitative Trait Loci) que controlam a resistência ao NCS foram relatados desde 1994 por mapeamento de ligação, com a maioria deles considerados apenas QTL de efeito menor (Concibido et al., 2004). Até o momento, apenas dois grandes alelos de resistência a NCS, *rhg1* e *Rhg4*, identificados em PI 88788 (*rhg1*) e Pequim (*rhg1 / Rhg4*), que residem nos cromossomos 18 e 8, respectivamente, têm sido amplamente usados para desenvolver cultivares resistentes (Tran et al., 2019). O número de cópias do *rhg1* tem sido classificado como alto (> 6 repetições, por exemplo na PI 88788) e baixo (3 repetições, por exemplo, na Peking) (Cook et al., 2012). De acordo com Yu et al. (2016), para *rhg1*, tanto o número de cópias como o tipo de polimorfismo são importantes para resistência ao NCS, sendo estas fontes de resistência com *rhg1*, com maior número de cópias, as que apresentam maior resistência. Também é frequente a ocorrência de ligação entre os alelos de resistência às diferentes raças (Hartwig e Young, 1986) e entre os locos de resistência e o alelo *i*, que controla a distribuição da cor do hilo no tegumento da semente, conferindo, em algumas combinações, a coloração preta ou marrom à semente (Yue et al., 2000).

#### - *Nematoides de Galhas da Soja*

Os NGS têm ocorrido de forma generalizada em todas as regiões sojícolas. Apesar de existirem várias espécies de *Meloidogyne* com habilidade em parasitar a soja, *M. incognita* e *M. javanica* são as mais limitantes à produção no Brasil. A primeira espécie predomina em áreas cultivadas anteriormente com café ou algodão, enquanto *M. javanica* tem ocorrência mais generalizada (Dias et al., 2010).

Nas lavouras de soja com a presença de NGS, são observadas reboleiras, onde as plantas ficam com porte baixo e amareladas. As folhas das plantas afetadas, normalmente, apresentam manchas cloróticas ou necroses entre as nervuras, caracterizando o sintoma conhecido como “folha carijó”. Às vezes, pode não ocorrer redução no tamanho da planta, mas por ocasião do florescimento, se observa intenso abortamento de vagens e amarelecimento prematuro da planta atacada. Em anos em que acontecem estiagens prolongadas, na fase de enchimento de grãos, os danos tendem a aumentar. Nas raízes das plantas parasitadas se observam galhas em número e tamanho variados, dependendo da suscetibilidade da cultivar, da densidade populacional do nematoide e das condições edafoclimáticas.

O uso contínuo de cultivares resistentes, aliado à rotação de culturas e ao tratamento químico de sementes, pode levar a população dos NGS a níveis aceitáveis para a melhor convivência com o problema, reduzindo as perdas de rendimento na cultura (Silva et al., 2020). A grande maioria das cultivares de soja resistentes aos NGS desenvolvidas no Brasil descende da cultivar norte-americana Bragg. Essa cultivar, no passado, foi muito semeada nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No entanto, a ocorrência de epidemias da doença mancha olho-de-rã, causada pelo fungo *Cercospora sojina*, limitou o cultivo de Bragg e, finalmente, o surgimento do cancro da haste, causado por *Diaporthe aspalathi* (sin. *D. phaseolorum* var. *meridionalis*), capaz de dizimar lavouras de cultivares suscetíveis, inviabilizou a semeadura da cultivar. Entretanto, ela continuou a ser muito utilizada em programas de melhoramento genético de soja e gerou alguns descendentes, como as cultivares BR-6 (Nova Bragg), BR-13 e ‘MG/BR-46’ (Conquista) (Silva, 2001). Essa última, com bons

níveis de resistência a *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. incognita*, foi durante muitos anos uma das cultivares de soja mais semeadas no Brasil Central.

Algumas fontes de resistência ao NCS, como Centennial, Forrest, Gordon, Kirby, Cordell e Leflore, dentre outras, também são resistentes a determinadas espécies de nematoides de galha (Silva, 2001). A resistência dessas cultivares é oriunda de Palmeto, um ancestral de Bragg (Ha et al., 2004). Assim, a partir de 1992, quando os programas brasileiros de melhoramento genético passaram a incorporar resistência ao NCS, começaram a surgir no País cultivares de soja com resistência aos dois gêneros dos fitonematoides.

A resistência de genótipos de soja a *Meloidogyne* spp., de modo geral, têm sido descrita como de herança quantitativa. Assim, a maioria dos trabalhos disponíveis relatam o efeito de vários genes menores independentes e com pequeno efeito aditivo, o que dificulta a transferência e a manutenção de genes de resistência em cultivares superiores. As estimativas de herdabilidade da resistência em geral são altas e, na maioria dos estudos, a seleção de plantas resistentes a partir de famílias F3 resulta em maior eficiência do que quando realizada em plantas individuais (Luzzi et al., 1995a; Luzzi et al., 1995b; Silva et al., 2001a).

Embora os modelos genéticos mostrem que a herança da resistência em soja aos NGS é complexa, incluindo vários efeitos genéticos não aditivos, como dominância, epistasia e interação genótipo por microambiente, a distribuição de frequências construída com a média das famílias F2:3 apresenta classes distintas de genótipos. Isso sugere a presença de poucos genes maiores determinando a resistência (Silva et al., 2001a; Fuganti et al., 2004; Passianotto et al., 2017; Alekcevetch et al., 2021). De fato, para a maioria dos casos, a resistência de genótipos de soja a nematoides do gênero *Meloidogyne* apresenta controle monogênico ou oligogênico (Boerma e Hussey, 1992; Passianotto et al., 2017; Alekcevetch et al., 2021).

#### - Tecnologias RNC e RNG presentes nas cultivares

Existem diversas cultivares de soja que são resistentes ou moderadamente resistentes ao NCS ou aos NGS, e estão à disposição dos agricultores brasileiros nas diferentes regiões produtoras (Tabela 1). Algumas dessas cultivares apresentam resistência aos dois gêneros de nematoides. Contudo, ainda há escassez de cultivares resistentes, adaptadas para todas as regiões de cultivo e/ou com todas as características desejadas pelo produtor, como, por exemplo, a resistência a herbicidas e a insetos.

O uso das tecnologias RNC e RNG causa impactos positivos dentro do manejo integrado de nematoides, não sendo a única, mas talvez a principal ferramenta de manejo do sistema, e que pode perfeitamente ser combinada com as medidas de controle biológico, descritas no Capítulo 20.

#### Percevejos sugadores

O complexo de hemíptero (Hemiptera: Heteroptera) sugadores de grãos de soja é composto por algumas espécies pertencentes ao grupo dos pentatomídeos, sendo as mais importantes *Euschistus heros*, *Diaceraeus* (*Dichelops*) spp., *Piezodorus guildinii* e *Nezara viridula*. As quatro espécies são neotropicais, mas a sua abundância estacional e a distribuição geográfica têm se modificado ao longo de algumas décadas de expansão da soja no País. Os dois primeiros são os mais importantes e têm sido observados com maior frequência no sistema soja-milho (Bueno et al., 2015).

O popularmente conhecido como percevejo-marrom, *E. heros*, que era raramente observado na década de 1970, tem sido o mais abundante atualmente, atingindo mais de 90% de participação no complexo de percevejos sugadores de grãos, e ocorrem em quase todas as regiões produtoras de soja, com maior incidência desde o Paraná até o Maranhão (Corrêa-Ferreira et al., 2009; Panizzi et al., 2012).

Os percevejos do gênero *Diaceraeus* são exclusivamente neotropicais e podem ser encontrados em diversos países da América do Sul, onde são pragas importantes de milho, mas dependendo do sistema de cultivo podem causar danos em soja (Panizzi et al., 2012). *Diaceraeus melacanthus* é a espécie mais frequentemente observada em lavouras de soja na região Norte do Paraná até o Centro-Oeste brasileiro e, *D. furcatus* é mais comum no sul do Brasil (Sosa-Gómez et al., 2014).

A ocorrência de *P. guildinii* (percevejo-verde-pequeno) e *N. viridula* (percevejo-verde) diminuiu muito na região Sudeste (Tuelher et al., 2016), mas tem sido mais frequente nas regiões mais frias do país (Panizzi et al., 2012). O percevejo-verde-pequeno representava 75% (safra 2006/2007) e 30,4% (safra 2007/2008) do total de percevejos da soja em monitoramentos realizados em Santa Maria, RS por Kuss (2009). Entretanto sua frequência em Londrina, PR, na safra 2012 não ultrapassou 5% (Kuss-Roggia et al., 2012) e, atualmente, permanece em patamares baixos.

Os danos causados pelos percevejos à soja são irreversíveis, pois afetam o produto final, influenciando negativamente o rendimento de grãos e a qualidade, viabilidade e vigor das sementes (Panizzi et al. 2012), além de causar alterações nos teores de proteína e óleo. Quando atacam no início do período reprodutivo, provocam abortamento de vagens, grãos enrugados, chochos e coloração mais escura que o normal (Corrêa-Ferreira e Panizzi, 1999), assim como, podem retardar a maturação das plantas pela retenção foliar e hastes verdes, retardando e dificultando a colheita. Dentre as espécies mais comuns que danificam a soja, *P. guildinii* é o mais prejudicial à cultura (Corrêa-Ferreira e Azevedo, 2002; Depieri e Panizzi, 2011; Husch et al., 2012, Tuelher et al., 2016), principalmente, por causar uma lesão mais acentuada nas paredes celulares das vagens, provocada pelo seu estilete ao se alimentar (Depieri e Panizzi, 1999).

O nível de dano econômico (NDE) é definido pela menor população de percevejos que, se não for controlada, é capaz de causar quebra de rendimento e prejuízo econômico, (Stern et al., 1959). Entretanto, para prevenir perdas de produtividade é recomendável evitar que a população do inseto atinja o NDE, iniciando-se o manejo das pragas no limiar econômico de dano, ou seja, o momento correto para iniciar as medidas de controle das pragas (Pedigo et al., 1986; Procopy et al., 2003; Bueno et al., 2013). Em estudos realizados no Brasil, com cultivares de soja de hábito de crescimento determinado, nas décadas 1970-1990 (Panizzi et al., 1977; Gazzoni e Oliveira, 1984, Villas-Boas et al., 1990) e confirmada para aquelas mais utilizadas na atualidade com hábito crescimento indeterminado (Bueno et al., 2013), o limiar econômico é de dois percevejos por metro de linha de soja para lavouras comerciais e um para produção de semente. Para a determinação dos limiares ou níveis de ação, as populações de percevejos devem ser monitoradas pelo método do pano de batida (Seixas et al., 2020).

Apesar de ocorrerem em lavouras desde o estágio vegetativo e de florescimento da soja, o período crítico de danos dos percevejos à cultura ocorre a partir do desenvolvimento das vagens até a completa formação de grãos (Corrêa-Ferreira e Azevedo, 2002). Em geral, o controle de percevejos sugadores na cultura da soja é baseado na pulverização calendarizada de inseticidas químicos, usualmente utilizado

sem critérios técnicos baseados em monitoramento adequado de pragas nas lavouras, sendo aplicado em populações reduzidas, sem necessidade de controle. Dessa forma, além da morte dos poucos hospedeiros (percevejo) na área, ocorre a supressão dos inimigos naturais que, dependendo do princípio ativo utilizado podem morrer, ou ficar sem alimento (predadores) ou substrato para desenvolvimento e alimentação (parasitoides). Isso desencadeia aumento das populações da praga e, conseqüentemente, o aumento do número de pulverizações. Esse uso excessivo dos inseticidas, cujos princípios ativos são baseados em poucas moléculas, aditivamente pode provocar o surgimento de populações de percevejos resistentes a estes produtos (Sosa-Gómez e Omoto, 2012).

Além de considerar a elevação nos custos de produção ocasionada pelas pulverizações desnecessárias e em excesso, a forte dependência de produtos químicos resulta também em custos ambientais. A resistência/tolerância da soja a percevejos torna-se uma alternativa muito interessante para ser integrada ao controle químico e biológico, principalmente quando se considera o melhoramento genético cuja tecnologia é embarcada na planta.

A resistência hospedeira ou resistência de plantas caracteriza-se pelos atributos herdados geneticamente manifestados pelas plantas que após serem danificadas pelas pragas, sofrem menor efeito negativo que outras, consideradas suscetíveis (Painter, 1951; Baldin et al., 2019). Genótipos com resistência a insetos podem ser obtidos pelo método de melhoramento vegetal, ou seja, pelo cruzamento tradicional de dois ou mais materiais e, no caso de lagartas, utilizando-se marcadores moleculares para realização de seleção assistida (Sosa-Gómez et al., 2012).

A resistência de plantas a insetos foi classificada por Painter (1951) em três mecanismos, a antibiose, a não-preferência (mais tarde denominada antixenose por Kogan e Ortman, 1978) e a tolerância. A antibiose e a antixenose são definidas como os tipos de resistência em que a planta apresenta pelo menos uma característica que afeta negativamente a biologia do inseto, ou que os mantém afastados, envolvendo respostas do inseto e da planta (Peterson et al., 2017). No caso da tolerância existe apenas a resposta da planta, o inseto não é afetado e pode, inclusive, ocorrer em população alta, o que representa uma vantagem, em relação aos demais tipos de resistência.

Desde o início de suas atividades de pesquisa em 1977, os pesquisadores da Embrapa Soja têm se dedicado a estudos relacionados à resistência de plantas a estresses bióticos, como uma alternativa sustentável para o controle de insetos, principalmente de lagartas e percevejos. Com a liberação no Brasil de cultivares transgênicas, resistentes a algumas lagartas, a prioridade passou a ser o desenvolvimento de genótipos resistentes a percevejos, que se tornaram os insetos-praga mais importantes da cultura da soja, na maioria das regiões tropicais brasileiras.

O grande desafio ao melhoramento genético da soja para o desenvolvimento de cultivares com resistência a insetos, doenças e fitonematoides tem sido conciliar essa, com as demais características agrônômicas desejáveis numa cultivar comercial, como produtividade, precocidade, altura adequada de plantas e de inserção de vagens, resistência ao acamamento, qualidade de sementes, equilíbrio entre os teores de óleo e proteínas, qualidade para alimentação humana e animal, etc. É preciso ainda considerar que a inserção de elevado nível de resistência manifestada pela presença de toxinas, outros antinutricionais e repelentes, pode comprometer em algum grau o rendimento das plantas por afetar o balanço energético.

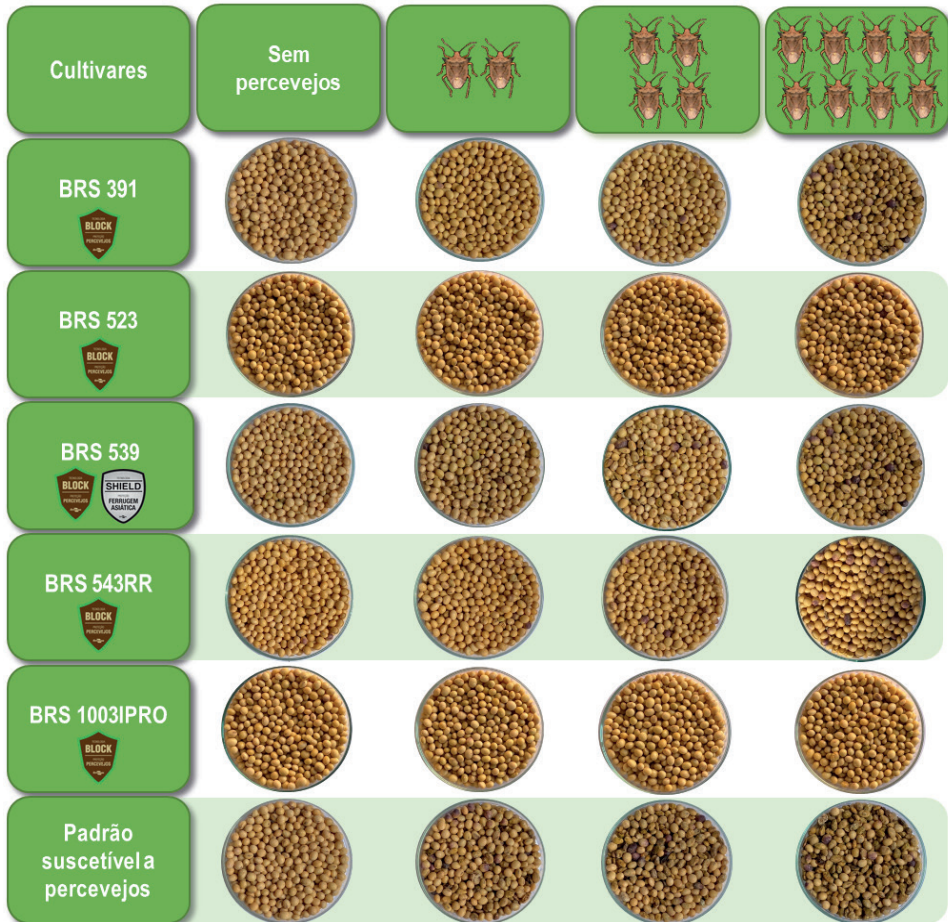
As linhagens desenvolvidas no passado apresentavam nível maior de resistência (antibiose/antixenose), mas com rendimentos não compatíveis com os anseios dos agricultores. Dessa forma, foi priorizada a alta rentabilidade sendo realizados cruzamentos das linhagens que apresentavam resistência a pragas com outras sem essa característica, mas altamente produtivas. O resultado foi o desenvolvimento de genótipos tolerantes ao ataque de percevejos e produtivos, dando origem a tecnologia denominada Block®, que concilia as características agrônomicas desejáveis e apresenta baixa retenção foliar e grãos pouco danificados por percevejos. Na Figura 2 pode ser observada a qualidade dos grãos das cultivares com tecnologia Block®, que se desenvolveram no campo com populações definidas de adultos *E. heros* em comparação com uma cultivar testemunha de mesmo ciclo e alta produtividade.

Os genótipos de soja resistentes a percevejos são desenvolvidos por um complicado processo poligênico com predominância de efeitos aditivos e obtidos por seleção indireta, ou seja, baseada em parâmetros como peso de grãos (rendimento), retenção foliar e hastes verdes (RF), peso de sementes boas (PSB) e porcentagem de sementes boas (%SB) (Souza e Toledo, 1995). Godoi e Pinheiro (2009) utilizaram outros parâmetros como período de enchimento de grãos ( $h^2_r=36$ ), retenção foliar ( $h^2_r=20\%$ ), sementes manchadas ( $h^2_r=20\%$ ) e porcentagem de danos em vagens ( $h^2_r=50\%$ ) para a seleção de genótipos resistentes.

As cultivares com tecnologia Block® têm em sua genealogia a PI 274454, uma das plantas introduzidas (PIs) selvagens, oriundas dos centros de origem de *Glycine max*, como o Japão. Essa PI foi também utilizada nos cruzamentos que deram origem à IAC-100, que foi a primeira cultivar de soja resistente a insetos, inclusive percevejos, lançada no Brasil (Rossetto et al., 1990; Veiga et al., 1999). A PI 274454 juntamente com outras como a PI 227687, PI 229358 e PI 171451 foram testadas para vários importantes insetos desfolhadores da soja como *Anticarsia gemmatilis* (Beach e Todd, 1987; Lambert e Killen, 1984), *Spodoptera* spp. e *Chrysodeixis (Pseudoplusia) includens* (Killen et al., 1977). Essas PIs foram também, testadas em insetos sugadores de grão como *N. viridula*, *Euschistus* spp. e *Acrosternum hilare* (Jones Jr e Sullivan, 1979). As PI 227687, PI 274454 e IAC 100 possuem concentrações mais altas de metabólitos de defesa, como os flavonoides que conferem resistência a diferentes insetos-pragas da soja (Hoffmann-Campo et al., 2001; Piubelli et al., 2003; Graça et al., 2016; Vieira et al., 2016), em comparação às linhagens descendentes e as cultivares testemunhas para ciclo e produtividade. Como os metabólitos de defesa não fazem parte do metabolismo primário essencial ao desenvolvimento das plantas, eram denominados secundários. Entretanto, mais recentemente têm sido denominados metabólitos especializados, considerando que a nova terminologia é mais adequada e condizente com a importância desses compostos para a defesa das plantas (Ferrer et al., 2008; Pichersky; Lewinsohn, 2011).

Como a herança para resistência a insetos é complexa, de caráter poligênico e com predominância de efeitos aditivos (Souza e Toledo, 1995; Godoi e Pinheiro, 2009), exigiu-se muito tempo de pesquisa para o lançamento de cultivares com característica de resistência a insetos. O programa de melhoramento para resistência a insetos da Embrapa Soja tem trabalhado com grandes populações para possibilitar o aparecimento das combinações gênicas que contemplem todas as exigências nas futuras linhagens e cultivares. Sendo assim, a seleção recorrente foi necessária e foi difícil encontrar linhagens com elevado nível de resistência e alto potencial produtivo em um único ciclo de recombinação e seleção (Sosa-Gómez et al., 2012), contendo ainda todas as características agrônomicas adequadas.





**Figura 2.** Grãos de soja de cultivares com tecnologia Block<sup>®</sup>, Block<sup>®</sup> e Shield<sup>®</sup> (BRS 539), e de uma cultivar padrão de suscetibilidade a percevejos, mantidas no campo por 30 dias em gaiolas teladas, na ausência de *Euschistus heros* ou com população de dois, quatro ou oito percevejos/m<sup>2</sup>.

A irregularidade da distribuição das populações e, conseqüentemente, dos danos dos percevejos, foi outro problema importante enfrentado pelos pesquisadores e que pode comprometer os resultados de testes de resistência realizados no campo experimental (Arias et al., 1999), principalmente quando envolvem número elevado de genótipos. Para isso, foi desenvolvido um protocolo para a seleção de linhagens de soja tolerantes a percevejos sugadores de grãos, que permitiu testar elevado número de genótipos de diferentes ciclos de maturação por três safras consecutivas (Hoffmann-Campo et al., 2018). Para isso, foi adotado o delineamento em blocos incompletos e, com base na distribuição da ocorrência dos percevejos sugadores no período observado (R4-R8). As três semanas de incidência mais elevada de percevejos foram selecionadas para elaborar diagramas de dispersão entre o número de insetos na parcela e os componentes de produtividade, qualidade de sementes, grãos comercializáveis e retenção



foliar. Dessa forma, foi possível selecionar genótipos com mérito para compor o portfólio Block® e cinco cultivares foram registradas no MAPA para produção comercial de soja: BRS 391, BRS 523 e BRS 539 (não OGMs), BRS 543RR e BRS 1003IPRO. A BRS 539 recebeu também o selo Shield®, ou seja, é também tolerante à ferrugem-asiática da soja.

Estudos realizados no campo na Embrapa Soja mostraram que cultivares Block® não impõem importantes efeitos negativos na sobrevivência, peso de adultos e tempo de desenvolvimento de *E. heros*. Em laboratório, Lucini et al. (2021) também não observaram efeito negativo nos parâmetros biológicos e reprodutivos dos percevejos alimentados com as cultivares resistentes/tolerantes BRS 391, BRS 543RR e BRS 1003IPRO. Entretanto, em ensaios com eletroantenograma, os insetos permaneceram menor tempo se alimentando e apresentaram provas (probes) com laceração/maceração, sem ingestão de conteúdo celular nas cultivares resistentes/tolerantes, em relação à cultivar suscetível (Lucini et al., 2021). Assim, baseados nos dados obtidos até então, é possível sugerir que as cultivares Block® não apresentam importante efeito de antibiose sobre *E. heros*, mas baixa preferência alimentar e danos superficiais. Além disso, várias safras de estudos realizados na Embrapa Soja indicam que as cultivares são tolerantes aos danos de percevejos pois apresentam maior rendimento e qualidade de sementes, além de menor retenção foliar e hastes verdes quando comparadas com cultivares padrões para produtividade e ciclo, nas mesmas condições populacionais e ambientais (Arias et al., 2018; Hoffmann-Campo et al., 2019).

Até um passado recente, considerava-se que idealmente as cultivares desenvolvidas pelo sistema de melhoramento genético tradicional, deveriam ser portadoras de imunidade, ou seja, causar o maior número possível de mortes das pragas, comparáveis às mortes causadas pelas cultivares geneticamente modificadas (GM) que expressam a toxina do *Bt*, (*Bacillus thuringiensis*). Entretanto, nesse último caso, a alta pressão de seleção, com exposição das populações à alta concentração de toxinas *Bt*, requerem atenção (Sosa-Gómez; Omoto, 2012). Danos de *Rachiplusia nu* e *Crociosema aporema* em cultivares de soja *Bt* que expressam a toxina Cry1Ac e tolerância ao glifosato foram observados na safra 2020/2021, no Brasil, (Horikoski et al., 2021; Sosa-Gómez e Bueno, 2021). Isso indica que, quanto mais alta a pressão de seleção, mais rápido é o processo de desenvolvimento de resistência dos insetos aos produtos químicos, sejam eles inerentes da planta ou geneticamente modificados. Como na maioria das vezes a defesa das plantas ao ataque de pragas é manifestado pela alta concentração dos metabólitos especializados (aleloquímicos), com alta mortalidade de pragas, o mesmo processo observado nas cultivares *Bt*, pode ocorrer em cultivares desenvolvidas para resistência a insetos.

As plantas tolerantes se apresentam como alternativas importantes pela habilidade de resistir ou se recuperar do ataque de pragas, mantendo o seu crescimento e compensação fisiológica, podendo suportar grande número de herbívoros sem interferir no seu desempenho produtivo (Kock et al., 2016). Assim, dentre as categorias de resistência, a tolerância tem vários atributos interessantes que a torna tática adequada ao MIP em sistemas agrícolas sustentáveis (Kennedy et al., 1987; Mitchell et al., 2016; Pedigo e Rice, 2006; Pedigo e Higley, 1992). Esse tipo de resistência não afeta a biologia e/ou o comportamento do inseto (Smith, 2005) e, assim, as pragas não desenvolvem resistência às plantas tolerantes (Peterson et al., 2017), pois limitam a possibilidade de seleção de populações mais invasivas ou o desenvolvimento de biótipos mais agressivos (Kock et al., 2016). Dessa forma, a tolerância é uma tática adequada ao manejo

integrado de pragas e perfeitamente compatível com o controle biológico mantendo algumas presas sem apresentar efeito negativo importante no desenvolvimento dos inimigos naturais. Alguns compostos químicos (metabólitos especializados) constitutivos das plantas hospedeiras podem ser prejudiciais também ao desenvolvimento de parasitoides e predadores ou afetar a sua eficiência no controle das pragas.

### **Tecnologias combinadas nas cultivares**

A busca pela máxima produtividade exige o uso massivo de tecnologia e seu sucesso depende em muito das ofertas ambientais. Os agricultores mais tecnificados vem atualmente concentrando esforços para atingir a máxima rentabilidade, buscando aumentar sua produtividade, mas também, reduzir seus custos de produção. Essa estratégia está totalmente alinhada com a busca da sustentabilidade do sistema exigida por toda a cadeia produtiva, especialmente pelos mercados interno e externo e pela sociedade em geral.

A obtenção de alta produtividade sem considerar a presença de fatores bióticos e abióticos restritivos já é um grande desafio. Entre os fatores bióticos que restringem a produtividade e/ou a qualidade dos grãos produzidos, os problemas ligados aos fitonematoides, à ferrugem-asiática e aos percevejos, em foco neste capítulo, frequentemente ocorrem de forma combinada nas lavouras de soja e aumentam a complexidade do problema para os agricultores. Assim, em áreas com a presença das duas principais espécies dos NGS, a cultivar precisará combinar essas duas resistências para poder expressar seu potencial produtivo. Para esse caso, a Embrapa já tem disponível cultivares com diferentes grupos de maturidade com indicação para essas regiões alvo para as três plataformas genéticas (convencional, RR e IPRO), tais como BRS 391 (Block<sup>®</sup>), BRS 7481, BRS 7980, BRS 399RR, BRS 7380RR, BRS 878IRR e BRS 7180IPRO. A complexidade pode ser ainda maior se, além dos NGS, também tivermos a presença do NCS. Nesse caso, as opções de cultivares a serem utilizadas como ferramentas de manejo do NGS ficam mais restritas às cultivares BRS 7980, BRS 399RR e BRS 7380RR (Tabela 1).

No planejamento da safra, os agricultores algumas vezes precisam posicionar algumas cultivares em épocas de semeadura mais tardias, seja em função do escalonamento da semeadura ou por exigência de sucessão/rotação no sistema, ou ainda por condições ambientais restritivas, favorecendo a ocorrência mais severa de algumas doenças como a ferrugem-asiática e de pragas como o complexo de percevejos sugadores. Entre as cultivares com pacote tecnológico mais apropriado para esse tipo de demanda, destaca-se a BRS 539 a qual apresenta a combinação inédita entre as tecnologias Shield<sup>®</sup>, Block<sup>®</sup> e RNG, servindo como uma poderosa ferramenta para auxiliar o manejo sustentável destes problemas; a BRS 511 e a BRS 531 que combinam Shield<sup>®</sup> com RNG e RNC, respectivamente; e as cultivares BRS 1003IPRO e BRS 391 que combinam as tecnologias Block<sup>®</sup> e RNG (Tabela 1).

Estes são apenas alguns exemplos de como o programa de desenvolvimento de cultivares de soja da Embrapa vem buscando desenvolver soluções mais completas e adequadas para alguns dos problemas complexos que se apresentam aos agricultores de vários estados brasileiros. Grande parte dos 40,4 milhões de hectares cultivados com soja no Brasil (Conab, 2022), estão sendo atendidos (safra 2021/22) por esse conjunto de cultivares beneficiando praticamente todos os estados brasileiros que cultivam soja. Esses agricultores poderão se beneficiar tanto pela maior facilidade e eficiência no manejo fitossanitário, com redução de custos de produção, quanto pelo aumento da produtividade e redução dos descontos na

comercialização dos grãos e, portanto, garantia de receita, buscando a almejada máxima rentabilidade, mas com sustentabilidade.

As tecnologias Shield<sup>®</sup>, Block<sup>®</sup>, RNC e RNG são ferramentas de manejo simples e baratas, pois já vêm embarcadas na semente, sem cobrança de royalties e/ou taxa tecnológica. Elas representam maior segurança à adoção do controle biológico de pragas e doenças da soja, por agregarem maior estabilidade produtiva. Além disso, nos casos da Shield<sup>®</sup> e Block<sup>®</sup>, há redução dos custos de produção pelo incentivo ao uso do manejo integrado de doenças (MID) e de pragas (MIP), demandando menos aplicações de fungicidas e inseticidas químicos. Portanto, todas estas biotecnologias inseridas na semente da soja têm o mesmo objetivo dos bioinsumos, na busca por sustentabilidade do sistema de produção agrícola, tornando-o mais eficiente através da redução de custos de produção e aumento da produtividade.

## Referências

- ALEKCEVETCH, J. C.; PASSIANOTTO, A. L.; FERREIRA, E. G. C.; SANTOS, A. B.; SILVA, D. C. G.; DIAS, W. P.; BELZILE, F.; ABDELNOOR, R. V.; MARCELINO-GUIMARAES, F.C. Genome-wide association study for resistance to the *Meloidogyne javanica* causing root-knot nematode in soybean. *Theoretical and Applied Genetics*, v.134, p.777-792, 2021. DOI:10.1007/s00122-020-03723-9
- ARIAS, C. A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; ABDELNOOR, R. V.; SILVA, J. F. V.; MARTINS, M. K.; MARIN, S. R. R.; JUNG, R.; BROGIN, R. L.; DIAS, W. P.; KIHHL, R. A. S. Identificação de marcadores moleculares ligados a genes de resistência a doenças. **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 2000:** ecofisiologia e biologia molecular. Londrina: Embrapa Soja, 2001, p.28-31. (Documentos. Embrapa Soja, 164).
- ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; GAZZONI, D. L.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Desenvolvimento de germoplasma de soja resistente a insetos. in: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 1998.** Londrina, 1999. p. 145-148.
- ARIAS, C. A. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; LOPES, I. O. N. Auxílio da genética. **Cultivar: Grandes Culturas, Pelotas** n° 229, p. 12-14, 2018.
- BEACH, R. M.; TODD, J. H. Resistance of the soybean breeding lines GATHIR 81-296 to foliar feeding by three *Spodoptera* spp. **Journal of Agricultural Entomology**, v. 4, p. 193-199, 1987.
- BEACH, R. M.; TODD, J. H. Foliage consumption and development parameter of the soybean looper and velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae) reared on susceptible and resistant soybean genotypes. **Journal of Economic Entomology**, v. 81, p. 310-316, 1988.
- BOERMA, H. R.; HUSSEY, R. S. Breeding plants for resistance to nematodes. **Journal of Nematology**, v.24, p.242-252, 1992.
- BRASIL. Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. **Diário Oficial da União**, 27 mai. 2020. Edição 105, seção 1, p. 100. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>. Acesso em: 17 jan. 2022.
- BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, v. 20, p. 254-255, 1980.
- BUENO, A. F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; BIANCO, R. Silenciosos e daninhos. **Revista Cultivar: Grandes Culturas**, v. 6, p. 25-27, 2015.
- CHAKRABORTY, N.; CURLEY, J.; FREDERICK, R. D.; HYTEN, D. L.; NELSON, R. L.; HARTMAN, G. L.; DIERS, B. W. Mapping and confirmation of a new allele at *Rpp1* from soybean PI 594538A conferring RB lesion type resistance to soybean rust. **Crop Science**, v. 49, p. 783-790, 2009.
- CHILDS, S. P.; KING, Z. R.; WALKER, D. R.; HARRIS, D. K.; PEDLEY, K. F.; BUCK, J. W.; LI, Z. Discovery of a seventh Rpp soybean rust resistance locus in soybean accession PI 605823. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 131, p.27-41, 2018.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira - grãos: Quarto levantamento, janeiro 2022 - safra 2021/2022.** Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/40828\\_0bad57072b38a160412f36392313de55](https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/40828_0bad57072b38a160412f36392313de55). Acesso em: 14 jan. 2022.
- CONCIBIDO, V. C.; DIERS, B. W.; ARELLI, P. A decade of QTL mapping for cyst nematode resistance in soybean. **Crop Science**, v. 44, p.1121-1131, 2004.

- CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, **parceria público-privada no combate à ferrugem asiática da soja - Safra 2018/19**. Organização: Embrapa Soja, Londrina, PR - Disponível em: [http://acacia.cnpsa.embrapa.br:8080/cferrugem\\_files//764411951/Tabela\\_resumo\\_ferrugem\\_atual.pdf](http://acacia.cnpsa.embrapa.br:8080/cferrugem_files//764411951/Tabela_resumo_ferrugem_atual.pdf). Data de acesso: 22 de abril de 2021.
- COOK, D. E.; LEE, T. G.; GUO, X.; MELITO, S.; WANG, K.; BAYLESS, A. M.; WANG, J.; HUGHES, T. J.; WILLIS, D. K.; CLEMENTE, T. E.; DIERS, B. W.; JIANG, J.; HUDSON, M. E.; BENT, A. F. Copy number variation of multiple genes at *Rhg1* mediates nematode resistance in soybean. *Science*, v. 338, p.1206-1209, 2012.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*, v. 4, p. 145-150, 2002.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MINAMI, C. **Percevejos e a qualidade da semente de soja - série sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 15 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 67)
- CORRÊA-FERREIRA B. S.; PANIZZ, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 45 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 24).
- DIAS, W. P.; ASMUS, G. L.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. Nematoides. In: ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. (Eds.) **Doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. Cap.7, p.173-206.
- EMBRAPA. **Tecnologia Shield** - Proteção Ferrugem Asiática. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 1 fôlder. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172097/1/Shield-OL-final.pdf>. Acesso em 14 jan. 2022.
- EMBRAPA. **Tecnologia Block** - Proteção Percevejos. Londrina: Embrapa Soja, 2019a. Folder 04. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199228/1/folder\\_block.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199228/1/folder_block.pdf). Acesso em 24 jan. 2022.
- EMBRAPA. O genoma altamente complexo do fungo *P. pachytrizi* causador da mais devastadora doença da soja foi decifrado por um consórcio único de empresas públicas e privadas. **Nota Técnica**. Londrina: Embrapa Soja, 2019b. Disponível em: [https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Nota\\_t%C3%A9cnica\\_Genoma\\_Ferrugem.pdf/804822e1-b87f-99b8-1db0-2417d91f8324](https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Nota_t%C3%A9cnica_Genoma_Ferrugem.pdf/804822e1-b87f-99b8-1db0-2417d91f8324). Acesso em: 14 jan. 2022.
- FAVORETO, L.; MEYER, M. C.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; MACHADO, A. C. Z.; SANTIAGO, D. C.; RIBEIRO, N. R. Diagnose e manejo de fitonematoides na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 40, n. 306, p.18-29, 2019.
- FERRER, J.; AUSTIN, M. B.; STEWART JR., C.; NOEL, J. P. Structure and function of enzymes involved in the biosynthesis of phenylpropanoids. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, n.3, p. 356-370, 2008.
- FUGANTI, R.; BENEVENTI, M. A.; SILVA, J. F. V.; ARIAS, C. A. A.; MARIN, S. R. R.; BINNECK, E.; NEPOMUCENO, A. L. Identificação de Marcadores Moleculares de Microssatélites para Seleção de Genótipos de Soja Resistentes a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, v.28, p.125-130, 2004.
- GARCIA, A.; CALVO, E. S.; SOUZA-KIHL, R.; HARADA, A.; HIROMOTO, D. M.; VIEIRA, L. G. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachytrizi*) resistance genes: Discovery of a novel locus and alleles. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 117, p. 545-553, 2008.
- GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. Soybean insect pest management in Brazil: I Research Effort, II Programme Implementation. In: Matteson, P.C. (ed.) **Proceedings of International Workshop on Integrated Pest control of Grain Legumes**. Embrapa, Goiania, Brazil, pp. 312-325, 1984.
- GODOI, C. R. C.; PINHEIRO, J. B. Genetic parameters and selection strategies for soybean genotypes resistant to the stink bug-complex. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32 (2), 2009. DOI: 10.1590/S1415-47572009000200020
- GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M. Asian soybean rust in Brazil: past, present, and future. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 407-421, 2016.
- GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M. **Ferrugem-asiática da soja: bases para o manejo da doença e estratégias antirresistência**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 39 p. (Embrapa Soja. Documentos, 428).
- GRAÇA, J. P.; UEDA, T. E.; JANEGITZ, T.; VIEIRA, S. S.; SALVADOR, M. C.; OLIVEIRA, M. C.N.; ZINGARETTI, S. M.; POWERS, S. J.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M.A.; HOFFMANN-CAMPO, C.B. The natural plant stress elicitor *cis*-jasmonone causes cultivar-dependent reduction in growth of the stink bug, *Euschistus heros* and associated changes in flavonoid concentrations in soybean, *Glycine max*. **Phytochemistry**, v. 131, p. 84-91, 2016.
- GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. C.; ROSCOE, R. (Eds.). **Tecnologia e produção: Soja 2013/2014**. Maracaju, MS: Fundação MS, 2014.
- HA, B. K.; BENNETT, B.; HUSSEY, R. S.; FINNERTY, S. L.; BOERMA, H. R. Pedigree analysis of a major QTL conditioning soybean resistance to southern root-knot nematode. **Crop Science**, v.44, p.758-763, 2004.
- HARTMAN, G. L.; SIKORA, E. J.; RUPE, J.C. Rust. 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. St. Paul: American Phytopathological Society, 2015. 201 p.

- HARTWIG, E.E.; YOUNG, L.D. Registration of soybean germplasm line J81-116. **Crop Science**, v.26, p. 209, 1986.
- HARTWIG, E. E. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. **Crop Science**, v. 26, p. 1135-1136, 1986.
- HARTWIG, E. E.; BROMFIELD, K. R. Relationships among 3 genes conferring specific resistance to rust in soybeans. **Crop Science**, v. 23, p. 237-239, 1983.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ARIAS, C. A. A.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; LIMA, D. de; LORINI, I. MELO, C. L. P. de. Manejo reforçado. **Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas n° 245, p. 14-19, out 2019.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ARIAS, C. A. A.; LOPES, I de O. N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Análises para subsidiar a elaboração de protocolo para seleção a campo de soja tolerante a percevejos sugadores de sementes. In: Congresso Brasileiro de Entomologia, 27. Congresso Latino-Americano de Entomologia, 10, 2018, Gramado, **Anais...Gramado: Sociedade Entomologia do Brasil**, 2018, p 1392.
- HOFFMANN-CAMPO, C.B.; HARBONE J.B.; MCAFFERY A.R. Pre-ingestive and post-ingestive effects of soya bean extracts and rutin on *Trichoplusia ni* growth. **Entomologia Experimentals et Applicata**, v. 98, p. 181-194, 2001.
- HORIKOSHI, R. J.; BERNARDI, O.; GODOY, D. N.; SEMEÃO, A.A.; WILLSE, A.; CORAZZA, G.O. RUTHES, E.; FERNANDES, D.DE S.; SOSA-GÓMEZ D.R.; BUENO, A.DE F. OMOTO, C.; BERGER, G. U.; CORRÊA, A. S.; MARTINELLI, S.; DOURADO, P.M.; HEAD, G. Resistance status of lepidopteran soybean pests following large-scale use of MON 87701 MON 89788 soybean in Brazil. **Pest Management Science**, v. 11, Article 21323, 2021.
- HYTEN, D. L.; HARTMAN, G. L.; NELSON, R. L.; FREDERICK, R. D.; CONCIBIDO, V. C.; NARVEL, J. M.; CREGAN, P. B. Map location of the *Rpp1* locus that confers resistance to soybean rust in soybean. **Crop Science**, v. 47, p. 837-840, 2007.
- JGI - Joint Genome Institute, MycoCosm - The fungal genomics resource. *Phakopsora pachyrhizi*, 2019. Disponível em: <https://mycocosm.jgi.doe.gov/Phakopsora/Phakopsora.info.html>. Acesso em: 16 jan. 2022.
- JONES, J.R.; SULLIVAN, M.J. Soybean resistance to Southern green stink bug *Nezara viridula*. **Journal of Economic Entomology**, v. 72, p. 628-632, 1979.
- KENNEDY, G.G.; GOULD, F.; DEPONTI, O.M.B.; STINNER RE. Ecological, agricultural, genetic, and commercial considerations in the deployment of insect-resistant germplasm. **Environmental Entomology**, v.16, p. 327-338, 1987. DOI: 10.1093/ee/16.2.327.
- KILLEN, T.C.; HATCHETT, J.H.; HARTWIG, E.E. Evaluation of early generation soybean for resistance to soybean looper. **Crop Science**, v. 26, p. 869-871, 1977.
- KIM, K. S.; UNFRIED, J. R.; HYTEN, D. L.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L.; NELSON, R. L.; SONG, Q.; DIERS, B. W. Molecular mapping of soybean rust resistance in soybean accession PI 561356 and SNP haplotype analysis of the *Rpp1* region in diverse germplasm. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 125, p.1339-1352, 2012.
- KOCH K.; CHAPMAN K.; LOUIS J.; HENG-MOSS T.; SARATH G. Plant tolerance: a unique approach to control hemipteran pests. **Frontiers in Plant Science**, 7: Article 1363. 2016, DOI: 10.3389/fpls.2016.01363.
- KOGAN M.; ORTMAN E. Antixenosis: a new term proposed to define Painter's "nonpreference" modality of resistance. **Bulletin of the Entomological Society of America**, v. 24, p. 175-176, 1978.
- KUSS, C.C.; TOALDO, V.D.B.; BERGHETTI, J.; PIAS, O.H.C.; KUSS-ROGGIA, R.C.R.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; BASSO, C.J.; SANTI, A.L.; ROGGIA, S. Percentagem de espécies de percevejos pentatomídeos ao longo do ciclo da soja no Norte do Paraná. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 7., 2012, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2012, p. 30-34. (Embrapa Soja. Documentos, 333).
- KUSS-ROGGIA, R.C.R. Distribuição espacial e temporal de percevejos da soja e comportamento de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao longo do dia. 2009. 128f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- LAMBERTI, L.; KILLEN, T.C. Multiple insect resistance in several soybean genotypes. **Crop Science**, v. 24, p. 887-890, 1984.
- LI, S.; SMITH, J. R.; RAY, J. D.; FREDERICK, R. D. Identification of a new soybean rust resistance gene in PI 567102B. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 125, p. 133-142, 2012.
- LORINI, I. **Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil - safra 2017/2018**. - Londrina: Embrapa Soja, 2019. 220 p. (Embrapa Soja. Documentos, 422).
- LUZZI, B.M.; BOERMA, H.R.; HUSSEY, R.S. Inheritance of resistance to the peanut root-knot nematode in soybean. **Crop Science**, v.35, p.50-53, 1995a.
- LUZZI, B. M.; TAMULONIS, J.; HUSSEY, R. S.; BOERMA, H. R. Inheritance of resistance to the javanese root-knot nematode in soybean. **Crop Science**, v.35, p.1372-1375, 1995b.

- MCLEAN, R. J.; BYTH, D. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybean. *Australian Journal of Agricultural Research*, v. 31, p. 951-956, 1980.
- MITCHELL C.; BRENNAN R.M.; GRAHAM J.; KARLEY A.J. Plant defense against herbivorous pests: exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Sciences*, 7, Article 1132, 2016.
- MONTEROS, M. J.; MISSAOUI, A. M.; PHILLIPS, D. V.; WALKER, D. R.; BOERMA, H. R. Mapping and confirmation of the 'hyuuga' red-brown lesion resistance gene for Asian soybean rust. *Crop Science*, v. 47, p. 829-834, 2007.
- PAINTER R. *Insect resistance in crop plants*. Lawrence: University of Kansas Press. 1951.
- PANIZZI, A.R., BUENO, A. F., SILVA, F. A. C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Eds.). *Soja - Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga*. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.
- PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; NEWMAN, G. G.; TURNIPSEED, S. G. Efeito de inseticidas na população das principais pragas da soja. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 6, p. 264-275, 1977.
- PASSIANOTTO, A.; SONAH, H.; DIAS, W. P.; MARCELINO-GUIMARAES, F. C.; BELZILE, F.; ABDELNOOR, R. V. Genome-wide association study for resistance to the southern root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in soybean. *Molecular Breeding*, v. 37, artigo148, 2017. DOI: 10.1007/s11032-017-0744-3
- PEDIGO L. P.; HIGLEY L. G. 1992. The economic injury level concept and environmental quality. *American Entomologist*, v. 38, p. 12-21. DOI: 10.1093/ae/38.1.12.
- PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. *Entomology and Pest Management*, 5 ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006. 784 p.
- PICHERSKY, E.; LEWINSOHN, E. Convergent evolution in plant specialized metabolism. *Annual review of plant biology*, v. 62, p. 549-566. 2011. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042110-103814.
- PIUBELLI, G. C.; CAMPO, C. B. H.; ARRUDA, I. C.; FRANCHINI, J. C.; LARA, F. M. Flavonoid increase in soybean genotypes as response of *Nezara viridula* injury and its effect on insect-feeding preference. *Journal of Chemical Ecology*, v. 29, p. 1223-1233, 2003.
- PIUBELLI, G. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; MIYAKUBO, S. H.; OLIVEIRA, M. C. N. Are chemical compounds important for soybean resistance to *Anticarsia gemmatilis*? *Journal of Chemical Ecology*, v. 31, p. 1515-1531, 2005.
- PETERSON, R. K. D.; VARELLA, A. C.; HIGLEY, L. G. Tolerance: the forgotten child of plant resistance. *PeerJ*, v. 5, Article 3934, 2017. DOI: 10.7717/peerj.3934
- ROSSETTO, C. J.; TISSELLI FILHO, O.; CIONE, J.; GALLO, P. B.; RAZERA, L. F.; TEIXEIRA, J. P. F.; BERTOLETTO, N. *Cultivar de soja IAC 100*. Campinas, IAC folder, 1990.
- SCHMUTZ, J.; CANNON, S.; SCHLUETER, J.; MA, J.; MITROS, T.; NELSON, W.; HYTEN, D. L.; SONG, Q.; THELEN, J. J.; CHENG, J.; XU, D.; HELLSTEN, U.; MAY, G. D.; YU, Y.; SAKURAL, T.; UMEZAWA, T.; BHATTACHARYYA, M. K.; SANDHU, D.; VALLIYODAN, B.; LINDQUIST, E.; PETO, M.; GRANT, D.; SHU, S.; GOODSTEIN, D.; BARRY, K.; FUTRELL-GRIGGS, M.; ABERNATHY, B.; DU, J.; TIAN, Z.; ZHU, L.; GILL, N.; JOSHI, T.; LIBAULT, M.; SETHURAMAN, A.; ZHANG, X. C.; SHINOZAKI, K.; NGUYEN, H. T.; WING, R. A.; CREGAN, P.; SPECHT, J.; GRIMWOOD, J.; ROKHSAR, D.; STACEY, G.; SHOEMAKER, R. C.; JACKSON, S. A. Genome sequence of the palaeopolyploid soybean. *Nature*, n. 463, pp. 178-183, 2010. DOI: 10.1038/nature08670
- SEIXAS, C. D. S.; MAZARO, S. M.; REY, M. S. Manejo de doenças em sistema de cultivo orgânico. In: MAZARO, S. M.; CHALIOI, M. A.; ALBAN, A. A.; ZORZZI, I. C. (Eds.). *Sistema de Produção Soja Orgânica*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2017. p. 198-216.
- SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. (Eds.). *Tecnologias de produção de soja*. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção 17).
- SILVA, D. C.; YAMANAKA, N.; BROGIN, R. L.; ARIAS, C. A.; NEPOMUCENO, A. L.; DI MAURO, A. O.; PEREIRA, S. S.; NOGUEIRA, L. M.; PASSIANOTTO, A. L.; ABDELNOOR, R. V. Molecular mapping of two loci that confer resistance to Asian rust in soybean. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 117, p.57-63, 2008.
- SILVA, J. F. V. Resistência genética de soja a nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J.F.V. (Ed.). *Relações parasito-hospedeiro nas Meloidoginoses da soja*. Londrina: Sociedade Brasileira de Nematologia / Embrapa Soja, 2001. Cap.4, p.95-127.
- SILVA, J. F. V.; FERRAZ, L. C. C. B.; ARIAS, C. A. A. Herança da resistência a *Meloidogyne javanica* em soja. *Nematropica*, v.31, p.209-217, 2001.
- SILVA, J.F.V.; FERRAZ L.C.B.C.; ARIAS, C.A.A.; ABDELNOOR, R.V. Identificação de Marcadores Moleculares de Microsatélites Associados a Resistência de Genótipos de Soja a *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira*, v. 25, p.79-83, 2001



SILVA, R.A.; MACHADO, A.C.Z.; SANTOS, T.F.S.; SILVA, R.G. Nematoides no sistema de produção. **Boletim de Pesquisa** 2019/2020. Fundação MT, p.53-70, 2020.

SMITH C. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. New York: Springer, 2005. 423 p.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; BUENO, A.F. O fantasma da resistência em soja *Bt. A granja*, v. 872. pp. 51-52, 2021.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORSO, I.C.; OLIVEIRA, L.J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A.R.; BUENO, A.F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 89 p. (Embrapa Soja. Documentos, 269).

SOSA-GÓMEZ, D.R.; OMOTO, C. Resistência a inseticidas e outros agentes de controle em artrópodes associados à cultura da soja. In: CLARA BEATRIZ HOFFMANN-CAMPO, BEATRIZ SPALDING CORRÊA-FERREIRA, FLAVIO MOSCARDI (Eds.). **Soja - Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 675-723

SOSA-GÓMEZ, D.R.; MARCELINO-GUIMARÃES, F.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B. A biotecnologia, o melhoramento e o manejo de pragas da soja. In: CLARA BEATRIZ HOFFMANN-CAMPO, BEATRIZ SPALDING CORRÊA-FERREIRA, FLAVIO MOSCARDI (Eds.). **Soja - Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 725-788.

SOUZA, R.F.; TOLEDO, J.F.F. Genetic analysis of soybean resistance to stinkbug. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 18, p.5 93-598, 1995.

TRAN, D.T.; STEKETEE, C.J.; BOEHM, J.D.; NOE, J.; LI, Z. Genome-wide association analysis pinpoints additional major genomic regions conferring resistance to soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe). **Frontier in Plant Science**, v.10, p.1-13, 2019. DOI: 10.3389/fpls.2019.00401

TUELHER, E.S.; SILVA, E.H.; HIROSE, E.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, E.E. Competition between the phytophagous stink bug *Euschistus heros* and *Piezodorus guildinii* in soybeans. **Pest Management Science**, v. 72, p. 1837-1843, 2016.

VEIGA, R.F.A.; RAZERA, L.F.; GALLO, P.B.; BERTOLETTO, N.; MEDINA, P.F.; TISSELLI FILHO, O.; CIONE, J. **Caracterização morfológica e agronômica da cultivar IAC 100**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 23 p. (Instituto Agronômico de Campinas, Boletim Técnico, 177).

VIEIRA, S.S.; LOURENÇÃO, A.L.; GRAÇA, J.P. da; JANEGITZ, T. SALVADOR, M.C.; OLIVEIRA, M.C.N de; HOFFMANN-CAMPO, C.B. Biological aspects of *Bemisia tabaci* biotype B and the chemical causes of resistance in soybean genotypes. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 10 (6), 525-534, 2016. DOI 10.1007/s11829-016-9458-4.

VILLAS-BOAS, G.I.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, M.C.N de; COSTA, N.P.; ROESSING, A.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Efeito de diferentes populações de percevejos sobre os rendimentos e seus componentes, característica agronômicas e qualidade da soja**. Londrina: Embrapa CNPSo, 1990. (Embrapa CNPSo. Boletim de Pesquisa, 1).

YUE, P.; SLEPER, D.A.; RAO-ARELLI, A.P. Genetic analysis of resistance to soybean cyst nematode in PI 438489B. **Euphytica**, v.116, p.181-186, 2000.

YORINORI, J. T.; HARTMAN, G. L.; MEYER, M. C.; HENNING, A. A.; GODOY, C. V. (Eds.). **Soybean rust: lessons learned from the pandemic in Brazil**. Saint Paul: American Phytopathological Society, 2021. 136 p.

YU, N.; LEE, T.G.; ROSA, D.P.; HUDSON, M.; DIERS, B.W. Impact of *Rhg1* copy number, type, and interaction with *Rhg4* on resistance to *Heterodera glycines* in soybean. **Theoretical Applied Genetic**, v.129, p. 2403-2412, 2016.