

DOCUMENTOS

446

ISSN 2176-2937
Julho/2022

XVII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja

Resumos expandidos



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

DOCUMENTOS 446

XVII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos expandidos

*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite
Larissa Alexandra Cardoso Moraes
Kelly Catharin*
Editoras Técnicas

Embrapa Soja
Londrina, PR
2022

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Distrito da Warta
CEP 86065-981
Caixa Postal 4006
Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Comitê Local de Publicações
da Embrapa Soja**

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, Norman Neumaier*

Supervisão editorial
Vanessa Fuzinato Dall'Agnol

Normalização bibliográfica
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica e capa
Marisa Yuri Horikawa

1ª edição
PDF digitalizado (2022).

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

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (17. : 2022: Londrina, PR).
Resumos expandidos [da] XVII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja / Regina
Maria Villas Boas de Campos Leite... [et al.] editoras técnicas – Londrina:
Embrapa Soja, 2022.
155 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; n. 446).

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Leite, Regina Maria Villas Bôas de Campos. II.
Moraes, Larissa Alexandra Cardoso. III. Catharin, Kelly. IV. Série.

CDD: 630.2515 (21. ed.)

Editoras técnicas

Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

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

Larissa Alexandra Cardoso Moraes

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

Kelly Catharin

Secretária-executiva, analista da Embrapa Soja, Londrina, PR

Apresentação

A Jornada Acadêmica da Embrapa Soja tem como objetivo promover o trabalho desenvolvido pelos estudantes que integram o Programa de Estágio de Complementação Educacional da Embrapa e o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) junto às equipes de pesquisa e apoio da Unidade.

Por meio da inscrição de trabalhos nas modalidades escrita e oral, os participantes vivenciam a dinâmica de um evento científico, contando com o suporte de seus orientadores e do Comitê Local de Publicações (CLP) da Embrapa Soja. Além disso, interagem com seus pares e com o público interno da empresa, em um significativo processo de aprendizagem.

Em sua 17ª edição, realizada nos dias 28 e 29 de julho de 2022, em formato presencial, no auditório da Embrapa Soja, Londrina, PR, a Jornada Acadêmica contou com 22 trabalhos inscritos, cujos resumos expandidos encontram-se nesta publicação, que temos a satisfação de apresentar.

Cabe à Embrapa Soja agradecer aos orientadores e estagiários, bem como à banca avaliadora e ao Núcleo de Comunicação Organizacional, que contribuíram para a realização da XVII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Aproveitamos, ainda, para parabenizar a todos pelos resultados alcançados.

Alvadi Antonio Balbinot Junior

Chefe-adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

Avaliação da eficiência de fungicidas no controle do oídio na cultura da soja	9
Desempenho de cultivares de soja convencional e transgênica no médio norte mato-grossense, na safra 2020/2021	15
Avaliação de usabilidade de um sistema web para a agricultura.....	21
Produtividade do milho e da soja e teores de óleo e proteína nos grãos de soja em função do consórcio do milho com braquiária e adubação nitrogenada	27
Catálogo virtual de doenças e pragas de soja	33
Protótipo de plataforma web para escolha de cultivares da Embrapa Soja	37
Alteração do estado nutricional do trigo em resposta a aplicação de calcário e cobre	44
Incidência de <i>Cercospora kikuchii</i> em sementes de cultivares de soja submetidas à deterioração por umidade em pré-colheita	49
Identificação de díptero predador de esporos de <i>Phakopsora pachyrhizi</i> (ferrugem-asiática da soja).....	55
Suscetibilidade de <i>Rachiplusia nu</i> resistente a proteína Cry1Ac a produtos comerciais a base de <i>Bacillus thuringiensis</i>	62
Comparativo das normais climatológicas das áreas experimentais da Embrapa Soja e do IDR-PR, município de Londrina, PR.....	67
Correlação entre teor de lignina e porcentagem de deiscência em vagens de soja	73

Parâmetros biológicos de <i>Anticarsia gemmatalis</i> alimentadas com genótipos Block®	79
Aplicativo móvel de auxílio à tomada de decisão para escolha de cultivares de soja	84
Influência do substrato alimentar na virulência do fungo <i>Metarhizium rileyi</i> em lagartas de <i>Spodoptera eridania</i>	92
Identificação de plantas de soja transformadas com sistema CRISPR	97
Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos basálticos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja.....	104
Estratificação ambiental em ensaios de competição de híbridos de girassol na safra brasileira	112
Efeito do silenciamento gênico de proteínas envolvidas no parasitismo de <i>Pratylenchus brachyurus</i>	121
Perdas de área de produção de soja por erosão hídrica em microbacia hidrográfica de primeira ordem, quantificadas por meio de imagens aéreas de alta resolução	129
Atração de <i>Euschistus heros</i> por diferentes compostos nitrogenados e armadilhas	137
Fertilidade e qualidade do manejo do solo em modelos de produção de soja no norte e noroeste do Paraná.....	143

Avaliação da eficiência de fungicidas no controle do oídio na cultura da soja

PEREIRA, J. C.¹; GODOY, C. V.²

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, jacquelinepereira07@hotmail.com;

²Pesquisadora, Embrapa Soja.

Introdução

A incidência de doenças nas primeiras semeaduras de soja vem mudando nos últimos anos em razão das mudanças no sistema produtivo. Medidas de manejo, como a utilização de cultivares precoces semeadas após o final do período de vazio sanitário para a semeadura de milho em sucessão, tem feito com que a ferrugem-asiática ocorra cada vez mais tarde nas regiões e lavouras, sendo um problema principalmente no final do ciclo ou nas semeaduras mais tardias pelo aumento do inóculo do fungo *Phakopsora pachyrhizi*.

Nas primeiras semeaduras outras doenças foliares têm predominado. Entre essas destacam-se a mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), o oídio (*Erysiphe diffusa*), a mancha-parda (*Septoria glycines*) e o crestamento-foliar de *Cercospora* (*Cercospora* spp.).

Nas primeiras semeaduras da safra, na rede de ensaios cooperativos para avaliação da eficiência de fungicidas na cultura da soja, são realizados protocolos para avaliação de controle do oídio, da mancha-alvo e das doenças de final do ciclo (DFC). Para o controle das DFC, o experimento é realizado com aplicações de um único fungicida em R2 e depois os fungicidas são avaliados com aplicações em R4 e R5.3.

Na safra 2020/2021, no experimento realizado em Londrina, só ocorreu a incidência de oídio. Os sintomas típicos do oídio são uma fina cobertura esbranquiçada pulverulenta, constituída de micélio e esporos do fungo, que podem aparecer em pequenos pontos ou cobrir toda a parte aérea da planta, principalmente as folhas, em ambas as faces, mas pode ocorrer também em pecíolos, hastes e vagens. O fungo penetra nas células epidérmicas, nutrindo-se por meio de haustórios intracelulares. A coloração dos sintomas evoluem de branca para castanho-acinzentado. Em infecções severas, as folhas

podem secar e cair prematuramente. Perdas de produtividade de 10% a 35% são citadas (Hartman, 2015).

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados do ensaio com fungicidas para controle de DFC, no controle do oídio.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em Londrina PR, na Fazenda Experimental da Embrapa Soja (coordenadas 23°11'6"S, 51°10'32"W). A cultivar BMX Potência RR, grupo de maturação 6.7, tipo de crescimento indeterminado, foi semeada em 13 de outubro de 2021, em área com sistema de plantio direto, sobre palhada de aveia. As primeiras aplicações dos tratamentos (Tabela 1) foram realizadas aos 56 dias após a semeadura (R2) (Fehr; Caviness, 1977), na ausência de sintomas de doenças com o fungicida Fox Xpro 0,5 L/ha (bixafen 62,5 + protioconazol 87,5 + trifloxistrobina 75 g i.a./ha) + Áureo (0,25% v/v) em todos os tratamentos, com exceção do tratamento T1 (testemunha absoluta). As aplicações dos tratamentos do experimento para o controle das doenças de final de ciclo foram iniciadas em R4 (20 dias após a primeira aplicação) e repetidas após 21 dias (R5.3).

Para a aplicação dos produtos foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO₂, pontas de pulverização XR11002, pressão de 30 libras e volume de calda equivalente a 200 L/ha. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 10 tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições, sendo cada repetição constituída por parcelas com seis linhas de soja com 5 m de comprimento e espaçadas em 0,5 m, considerando-se as quatro linhas centrais como área útil para a aplicação dos tratamentos e para as avaliações. Foi incluído um tratamento com rotação de fungicidas registrados (T10).

Foram realizadas avaliações periódicas da severidade das doenças que incidiram no ensaio. As avaliações foram realizadas estimando a severidade das doenças nos terços inferior, médio e superior do dossel das plantas, com auxílio de escalas diagramáticas (Mattiazzi, 2003), em quatro pontos ao acaso na área útil das parcelas, sendo utilizada, para análise, a média de severidade da parcela.

Ao final do ciclo, as duas linhas centrais das parcelas foram colhidas com a colhedora de parcelas Winterstaiger, para estimativa da produtividade. A produtividade foi estimada em kg/ha, a 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos a análise de variância e quando significativo foi utilizado o teste de Tukey para agrupamento dos tratamentos, utilizando o programa SASM-Agri (Canteri et al., 2001).

Tabela 1. Tratamentos, doses em litro ou quilograma de produto comercial por hectare (L-kg p.c./ha), grama de ingrediente ativo (g i.a./ha) e época de aplicação [A - 56 dias após a semeadura (R2) aplicado com Fox Xpro3; B – 20 dias após a aplicação A (R4) e C - 21 dias após aplicação B (R5.3)].

TRATAMENTOS Produto comercial (ingrediente ativo i.a.)	DOSE		Época de aplicação
	L-kg p.c./ha	g i.a./ha	
1. TESTEMUNHA	-	-	
2. TESTEMUNHA com FOX XPRO ³ aos 56 DAS	-	-	A
3. BTP 010-19 (<i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. pumilus</i>)	0,4	1x 1012	ABC
4. PREVINIL (clorotalonil)	1,5	1.080	ABC
5. PNR ¹ (clorotalonil + fluindapir)	2,4	1.000,08 + 79,92	ABC
6. PNR ² (mancozebe + azoxistrobina + protioconazol)	2,0	1.050 + 75 + 75	ABC
7. TRIDIUM ² (mancozebe + azoxistrobina + tebuconazol)	2,0	1.194 + 94 + 112	ABC
8. PNR ³ (mancozebe + difenoconazol + ciproconazol)	3,0	1.290 + 75 + 60	ABC
9. PNR ³ (mancozebe + difenoconazol)	2,5	1.238 + 75	ABC
10. Programa: Fox Xpro (0,5 L/ha) ³ / Vessarya (0,6 L/ha) + Unizeb Gold (1,5 kg/ha) / Cypress (0,3 L/ha) +Previnil (1,5 L/ha)			

¹Adicionado + X3P15 200 mL/ha; ²Adicionado Strides 0,25 % v/v; ³Adicionado Áureo 0,25% v/v. PNR – produto não registrado, RET III

Resultados e Discussão

No momento da primeira aplicação, não foram detectados sintomas de doenças. Entre a segunda quinzena de fevereiro até 31 de março de 2022 ocorreram 4 dias com precipitação, num total de 36,9 mm de chuva, o que favoreceu a ocorrência de oídio.

A severidade do oídio foi avaliada a partir de R5.4, sendo observada diferença entre os tratamentos. Em R5.4, todos os tratamentos apresentaram severidade inferior ao tratamento sem fungicida (T1 – 5,58%) (Tabela 2). O tratamento com aplicação única de Fox Xpro aos 56 dias após a semeadura, apresentou severidade superior aos demais tratamentos (T2 – 1,5%). Em R5.5, a severidade média do oídio no tratamento sem fungicida foi de 53,5%, superior aos demais tratamentos. Todos os fungicidas foram eficientes no controle do oídio, sendo a maior severidade observada para o tratamento com Fox Xpro aos 56 dias após a semeadura que não apresentou residual, sendo semelhante ao tratamento que também teve adição de duas aplicações do produto biológico formulado com *B. subtilis*, *B. velezensis* e *B. pumilus* (T3). Em R7, os tratamentos com as menores severidades de oídio foram mancozebe + difenoconazol + ciproconazol (T8), mancozebe + difenoconazol (T9), mancozebe + azoxistrobina + protioconazol (T6), clorotalonil + fluindapir (T5), clorotalonil (T4), o programa com rotação de fungicidas (T10) e o mancozebe + azoxistrobina + tebuconazol (T7). O oídio acarretou necrose nas folhas inferiores, provavelmente pelas altas temperaturas.

Para produtividade, não foi observada diferença entre os tratamentos e a testemunha sem fungicida (Tabela 2). No entanto, houve diferença entre o peso de 100 grãos entre os tratamentos. Os maiores pesos foram observados para os tratamentos mancozebe + azoxistrobina + tebuconazol (T8), mancozebe + difenoconazol + ciproconazol (T9), mancozebe + azoxistrobina + protioconazol (T6), clorotalonil (T4), programa com rotação de fungicidas (T10), mancozebe + azoxistrobina + tebuconazol (T7) e clorotalonil + fluindapir (T5). Os tratamentos com aplicação única de Fox Xpro³ aos 56 dias após a semeadura (T2) e com aplicações adicionais de *B. subtilis*, *B. velezensis* e *B. pumilus* (T3) apresentaram peso de 100 grãos semelhantes a testemunha sem fungicida.

Tabela 2. Severidade de oídio (SEV %) aos 6 dias após a terceira aplicação (6 DAA3 – R5.4), aos 18 DAA3 (R5.5) e aos 25 DAA3 (R7), produtividade (PROD) e peso de 100 grãos (P100G) para os diferentes tratamentos. Londrina, PR, safra 2021/2022. Tratamentos 2 ao 10 com aplicação de Fox Xpro em R2 seguido de duas aplicações de diferentes fungicidas descritos na Tabela 1.

TRATAMENTOS	SEV % 6 DAA ³	SEV % 18 DAA ³	SEV % 25 DAA ³	PROD (kg/ha)	P100G (g)
1. Testemunha	5,58 a	53,5 a	74,8 a	2606 n.s.*	14,3 d
2. Testemunha com FOX XPRO ³	1,50 b	14,6 b	60,8 b	2874	14,7 bcd
3. <i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. pumilus</i>	0,50 c	14,4 b	50,3 c	2738	14,3 cd
4. clorotalonil	0,45 c	1,5 c	18,5 de	2845	15,7 ab
5. clorotalonil + fluindapir ¹	0,25 c	1,2 c	22,3 de	2825	15,4 abc
6. mancozebe + azoxistrobina + protioconazol ²	0,28 c	1,0 c	21,8 de	3016	15,7 ab
7. mancozebe + azoxistrobina + tebuconazol ²	0,30 c	1,3 c	25,8 d	2903	15,5 ab
8. mancozebe + difenoconazol + ciproconazol ³	0,20 c	1,0 c	14,3 e	3061	16,1 a
9. mancozebe + difenoconazol ³	0,23 c	1,3 c	14,5 e	3084	15,8 a
10. Programa ⁴	0,58 c	1,4 c	24,0 de	3005	15,5 ab
C.V.%	20,5%*	21,7%	12,9%	7,2%	2,9%

¹Adicionado + X3P15 200 mL/ha; ²Adicionado Strides 0,25 % v/v; ³Adicionado Áureo 0,25% v/v. PNR – produto não registrado, RET III; ⁴Programa: Fox Xpro (0,5 L/ha)³/ Vessarya (0,6 L/ha) + Unizeb Gold (1,5 kg/ha) / Cypress (0,3 L/ha) +Previnil (1,5 L/ha). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). *Dados transformados em $(x+k)^{1/2}$ com k = 0,01.

Conclusão

Com exceção do tratamento com *B. subtilis*, *B. velezensis* e *B. pumilus* (T3), todos os demais foram eficientes na redução da severidade do oídio. Não foi observada redução de eficiência de controle de oídio nas misturas de fungicidas com mancozebe.

Não foi observada diferença de produtividade entre os tratamentos. No peso de 100 grãos, somente os tratamentos sem aplicações em R4 e R5.3 e o tratamento com *B. subtilis*, *B. velezensis* e *B. pumilus* (T3) não diferiram da testemunha sem fungicida.

Referências

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM-Agri - Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, p. 18-24, 2001.

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

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, 2015. p. 51.

MATTIAZZI, P. **Efeito do oídio (*Microsphaera diffusa* Cooke + Peck) na produção e duração da área foliar sadia da soja**. 2003. 49 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Desempenho de cultivares de soja convencional e transgênica no médio norte mato-grossense, na safra 2020/2021

GIMENEZ, J. E. D.¹; RAMOS JUNIOR, E. U.²

¹UFMT, Bolsista PIBIC/CNPq, Sinop, MT; ²Pesquisador, Embrapa Soja, Sinop, MT.

Introdução

Atualmente o Brasil ocupa o papel de principal produtor e exportador mundial de soja. Para suprir a demanda crescente pelo grão, uma das principais estratégias para se aumentar a produtividade é por meio do melhoramento genético de plantas. Nesse ínterim, empresas de melhoramento genético de plantas disponibilizam no mercado cultivares cada vez mais produtivas, para que o sojicultor consiga obter maiores quantidades do produto sem a necessidade de investimentos adicionais em insumos, por exemplo. Além da produtividade, e para que isso ocorra de maneira mais eficiente, é necessário também observar a capacidade adaptativa das cultivares em relação ao clima e ao solo e a resistência a doenças e pragas (Aduloju et al., 2009; Vasconcelos, 2009; Nascimento et al., 2010; Gulluoglu et al., 2011). Há, no mercado, disponível ao agricultor, cultivares não transgênicos ou GMO-Free (livre de organismos geneticamente modificados), transgênicos RR, Intacta RR2 PRO, além das novas tecnologias Intacta 2 Xtend, Xtend, Conkesta e Enlist. A escolha da cultivar deve ser feita de acordo com as necessidades do agricultor e da região que se pretende cultivar, levando-se em consideração a altitude, a latitude e as condições edafoclimáticas, entre outros atributos, e essas considerações são importantes para se definir quais práticas de manejo serão realizadas de forma que contribua positivamente para o rendimento de grãos (Almeida et al., 1999; Anselmo et al., 2011).

Na condição da capacidade adaptativa, é importante ressaltar que a soja é cultivada em várias regiões do mundo, numa grande diversidade de ambientes que afetam expressivamente a produtividade de grãos das diferentes cultivares existentes, devido à presença da interação genótipos por ambientes (GxA). Segundo Vasconcelos et al. (2015), essa interação assume papel fundamental na manifestação fenotípica, devendo ser estimada e considera-

da na recomendação e indicação de cultivares para os diferentes locais, no programa de melhoramento genético (Meotti et al., 2012; Colombari Filho et al., 2013).

Mesmo após o lançamento da cultivar, avaliações *in loco* são importantes para identificar as melhores opções de cultivo para cada microrregião, trazendo informações e com isso, melhor retorno econômico ao agricultor.

Com base nestas informações o objetivo do trabalho foi o de avaliar o potencial produtivo de cultivares de diferentes tecnologias, em dois municípios de Mato Grosso, na safra 2020/2021.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na fazenda Berrante de Ouro, do grupo Bocchi, no município de Sorriso, MT, e na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, no município de Sinop, MT, região Médio Norte de Mato Grosso, na safra 2020/2021. Devido ao atraso do período chuvoso, as semeaduras foram realizadas nos dias 2 e 3 de novembro. Sinop e Sorriso possuem climas muito semelhantes, pois estão localizadas no médio norte do estado, com classificação climática AW (clima tropical, com inverno seco).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com oito cultivares (BRS 511, BRSMG 534, TMG 4377, ANsc 83 022, 8473 RSF - BMX Desafio RR, NS7901 RR, 8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO) e M8372 IPRO), com quatro repetições, em 2 locais. A taxa de semeadura foi realizada de acordo com a recomendação do detentor de cada cultivar. A parcela experimental foi composta por 4 linhas de cinco metros de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre as linhas. A parcela útil (4 m²) constituiu-se das duas linhas centrais, excluindo-se 0,5m de cada extremidade. A adubação foi realizada conforme análise de solo, seguindo-se as recomendações de adubação indicada para o Cerrado, aplicando-se no sulco de semeadura as doses de 80 kg/ha P₂O₅ e 80 kg/ha de K₂O em função da expectativa de rendimento da cultura, para produtividade esperada acima de 3,5 t ha⁻¹.

Foram avaliadas a população de plantas por hectare, o peso de 100 grãos e a produtividade de grãos. A população de plantas foi determinada pela con-

tagem de todas as plantas da parcela útil, convertendo-as em plantas por hectare. Após a pesagem dos grãos das parcelas úteis, foram calculadas as produtividades, em kg ha⁻¹, corrigidos para 13% de umidade, base úmida.

Resultados e Discussão

A avaliação de população de plantas por hectare das cultivares apresentou as respectivas médias para as cultivares 8473 RSF - BMX Desafio RR (349.375), 8579 RSF IPRO - BMX Bônus IPRO (342.813), ANsc 83022 (218.750), BRS 511 (200.313), BRSMG 534 (341.875), M 8372 IPRO (289.375), NA 7901 RR (300.000) e TMG 4377 (242.500).

Pelo quadro de análise de variância (Tabela 1), observou-se que houve diferenças significativas entre as produtividades de grãos para os tratamentos (cultivar) e para a interação cultivar*local a 1% de significância, notou-se que houve diferença somente para cultivar, assim como observado para a massa de 100 grãos. Já o coeficiente de variação (C.V.) foi baixo para todas as avaliações (menor que 12%), indicando resultados satisfatórios.

Tabela 1. Análise de variância para peso de 100 grãos e produtividade de grãos de soja em Sorriso e Sinop, MT, 2020/2021.

FV	Graus de Liberdade	Peso de 100 grãos	Produtividade de grãos
Cultivar	7	2.255692*	777170.7**
Local	1	1.593906 ^{ns}	547049.5 ^{ns}
Cultivar * Local	7	1.189621 ^{ns}	758572.6**
Bloco	6	2.140156	208760.2
Resíduo	42	0.994918	166564.1
Total	63		
C.V. (%)		6,37	9,50
Média		15,25	4295

* significativo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância; *** significativo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 1% de significância; ns = não significativo

A partir dos resultados obtidos na análise de variância (Tabela 1), foi possível realizar o desdobramento de fatores sobre (cultivar x local), conforme observado na (Tabela 2).

Tabela 2. Interação cultivar x local, para produtividade de grãos de soja em Sinop e Sorriso, MT e a média do peso de 100 grãos nos dois municípios, 2020/2021.

Cultivares	Sinop	Sorriso	Média
	Produtividade (kg ha ⁻¹)		P100 (g)
8473 RSF (BMX Desafio RR)	4959 aA	4298 bB	15,6 a
8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO)	4547 aA	4559 aA	15,4 a
ANsc 83022	4150 bB	4917 aA	15,6 a
BRS 511	4333 aA	3699 bB	14,5 b
BRSMG 534	3985 bA	4162 bA	15,6 a
M 8372 IPRO	3904 bA	4075 bA	15,9 a
NS 7901 RR	4106 bB	5130 aA	14,8 b
TMG 4377	3636 bB	4260 bB	14,6 b
Média	4203	4387	15,3
C.V. (%)	9,54		6,94

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram que houve diferença significativa entre as cultivares semeadas em Sinop, onde as mais produtivas foram: 8473 RSF (BMX Desafio RR), 8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO) e BRS 511. Para Sorriso, também houve diferenças entre as cultivares, sendo que se destacaram como as mais produtivas, em ordem decrescente, NS 7901 RR, ANsc 83022 e 8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO). Das cultivares avaliadas, sobressaíram-se em Sinop em relação a Sorriso, a cultivar 8473 RSF (BMX Desafio RR) e BRS511. Já em Sorriso, em relação a Sinop, destacaram-se NS7901 RR e ANsc 83022. Quatro materiais não apresentaram diferenças entre os locais, sendo eles: 8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO), BRSMG 534, M 8372 IPRO e TMG4377. Com exceção da 8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO), que foi uma das mais produtivas nos dois locais, com médias acima de 75 sacas por hectare, as demais apresentaram desempenho produtivo inferior, mas satisfatório, com valores acima das 66 sacas por hectare, indicando alto potencial produtivo e estabilidade para a região em que foram cultivados. Em relação ao peso de 100 grãos (P100), observou-se diferenças entre as cultivares, sendo que BRS511, NS7901 RR e TMG 4377 foram as que apresentaram os menores valores.

Conclusão

As cultivares 8473 RSF (BMX Desafio RR), 8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO) e BRS 511 foram mais produtivas em Sinop, e as cultivares NS 7901 RR, ANsc 83022 e 8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO) foram as mais produtivas no município de Sorriso. Dentre os locais e na safra avaliada 2020/2021, a cultivar 8579 RSF IPRO (BMX Bônus IPRO) foi a que obteve o melhor desempenho. As cultivares, independentemente da tecnologia, sendo elas não transgênicas (Convencional), transgênicas RR ou IPRO, apresentaram potencial produtivo semelhante.

Referências

- ADULOJU, M. O.; MAHAMOOD, J.; ABAYOMI, Y. A. Evaluation of soybean [*Glycine max* (L) Merrill] genotypes for adaptability to a southern Guinea savanna environment with and without P fertilizer application in north central Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 6, p. 556-563, 2009.
- ALMEIDA, L. A. de; KIIHL, R. A. de S.; MIRANDA, M. A. C. de; CAMPELO, G. J. de A. Melhoria da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**: versão 1.0. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. online. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/sojamelhoramento.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2022.
- ANSELMO, J. L.; ANDRADE, J. A. C.; LAZARINI, E.; COSTA, D. S.; LEAL, A. J. F. Estabilidade e adaptabilidade de cultivares transgênicas e convencionais de soja, na região dos Chapadões. **Científica**, v. 39, n. 1, p. 69-78, 2011.
- COLOMBARI FILHO, J. M.; RESENDE, M. D. V.; MORAIS, O. P.; CASTRO, A. P.; GUIMARÃES, E. P.; PEREIRA, J. A.; UTUMI, M. M.; BRESEGHELLO, F. Uplandrice breeding in Brazil: a simultaneous genotypic evaluation of stability, adaptability and grain yield. **Euphytica**, v. 192, n. 1, p. 117-129, 2013.
- GULLUOGLU, L.; ARIOGLU, H.; KURT, C. Adaptability and stability of new soybean cultivars under double cropped conditions of Turkey. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 14, p. 3320-3325, 2011.
- MEOTTI, G. V.; BENIN, G.; SILVA, R. R.; BECHE, E.; MUNARO, L. B. **Épocas de semeadura e desempenho agrônomo de cultivares de soja**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 14-21, 2012.
- NASCIMENTO, M.; FINOTO, E. L.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Adaptability and stability of soybean in terms of oil and protein content. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 48-54, 2010.

VASCONCELOS, E. S. de. **Produtividade de grãos e padrão de resposta da soja às variações ambientais no estado de Minas Gerais**. 2009. 128 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

VASCONCELOS, E. S. de; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja de ciclos precoce e médio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1203-1214, 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2015v36n3p1203.

Avaliação de usabilidade de um sistema web para a agricultura

OLIVEIRA, M. E. de¹, CORREA, C. G.², SILLA, P. R.², KERN, H. S.³

¹UTFPR, Bolsista PIBIC/CNPq, Cornélio Procópio, PR, moniquemidio@gmail.com; ²UTFPR, Departamento Acadêmico da Computação; ² Embrapa Soja, NTI - Núcleo de Tecnologia da Informação; ³ Embrapa Soja, NCO - Núcleo de Comunicação Organizacional.

Introdução

No meio rural, a tecnologia está se destacando pela entrada na era da agricultura 4.0, que permite o gerenciamento do campo, aumentando a produtividade agrícola de forma sustentável. Com a tecnologia da informação, o setor agrícola pode obter inúmeros benefícios, como por exemplo, o gerenciamento da cultura da soja com auxílio de sistemas computacionais. Dessa maneira, o público rural (estudantes de agronomia, produtores rurais, técnicos) pode ter acesso a informações valiosas e em tempo real para tomar as melhores decisões e gerir adequadamente a cultura.

O bom gerenciamento da cultura é fundamental para a produtividade e os sistemas devem ser desenvolvidos com foco no público alvo. Por exemplo, para a identificação de pragas, doenças e plantas daninhas, os agricultores podem carregar consigo livretos de bolso com informações, elaborados pela Embrapa Soja. No entanto, a tecnologia pode ajudar o público rural a ter a informação nas palmas das suas mãos, usando *smartphones*, por exemplo, ou até mesmo no conforto de sua casa ou escritório, por meio de computadores pessoais.

Para que isso ocorra de forma eficaz, há mais um fator que influencia no acesso à informação por meio da tecnologia: o usuário usufruir das informações de que necessita de forma ágil e fácil. Segundo Magalhães e Romani (2016), a utilização de meios tecnológicos como *tablets* e *smartphones* traz à tona a necessidade de adaptação dos métodos de avaliação de usabilidade, de modo a obter resultados mais precisos. Com o público crescendo e se tornando heterogêneo, é necessário e imprescindível que haja ajustes e melhorias na usabilidade das interfaces e também em suas formas de avaliação.

Sobre esses aspectos, é importante observar o que Franco et al. (2016) dizem sobre a interação humano-computador. Segundo os autores, para haver interação dos usuários com um sistema computacional, é necessário desenvolvê-lo de maneira tal que ele se adeque aos perfis dos usuários. Com o desenvolvimento e a adesão de sistemas computacionais, os processos agrícolas podem ser otimizados, aumentando a eficiência das atividades.

Segundo Silva (2018), o sistema agroalimentar é complexo e necessita de alternativas. Assim, é relevante entender os aspectos que envolvem interfaces, que possibilitam a comunicação entre usuário e computador. São vários os benefícios que os sistemas computacionais, como os sistemas *web*, que podem ser acessados via navegadores de Internet (Chrome, Edge, Firefox, Opera), podem trazer ao agricultor. Entretanto, é necessário que a entrada, a visualização e o entendimento dos dados sejam adequados, de forma clara e objetiva para o usuário. Fazer uso de interfaces *web* adequadas é uma solução tecnológica eficaz, permitindo uma experiência satisfatória aos agricultores, bem como acesso aos benefícios como monitoramento e processamento de dados para a tomada de decisões e autonomia no domínio agrícola.

Os sistemas computacionais ligados à agricultura possuem interfaces com muitos dados para tomada de decisões (Schimiguel et al., 2004), diversas plataformas (*desktop*, *smartphone*, navegadores) e usuários com diferentes graus de instrução. Há também diversas culturas agrícolas, diferentes focos (por exemplo, catálogo de cultivares, manual de identificação de pragas, doenças e plantas daninhas, informações sobre clima e solo), com grande quantidade de dados para processar, provenientes de diversos sensores, imagens de satélite e dos próprios usuários.

Tendo em vista a importância da união entre a agricultura e a tecnologia da informação, o presente trabalho propõe transformar os manuais de pragas, doenças e plantas daninhas da cultura da soja, que são hoje disponibilizados em PDF ou de forma impressa em papel pela Embrapa, em um sistema *web*, para que informações importantes desses manuais possam ser acessadas e consultadas pelos produtores, orientando na tomada de decisão, com uma interface adequada ao público rural, com design para evitar o excesso de dados.

Material e Métodos

Para que o acesso à informação desses manuais seja mais eficiente, está em fase de desenvolvimento um sistema computacional utilizando a plataforma *Wordpress*, para o apoio ao processo de tomada de decisão do público rural. Esse sistema também permite a inserção da ocorrência de algum dos itens do manual no mapa. Nas Figuras 1 e 2, é apresentada a página inicial; na Figura 3 é mostrado como são exibidas as doenças de uma categoria. Já na Figura 4 é mostrada a página padrão de uma doença e por fim, na Figura 5 é mostrado o mapa de indicação de ocorrências.

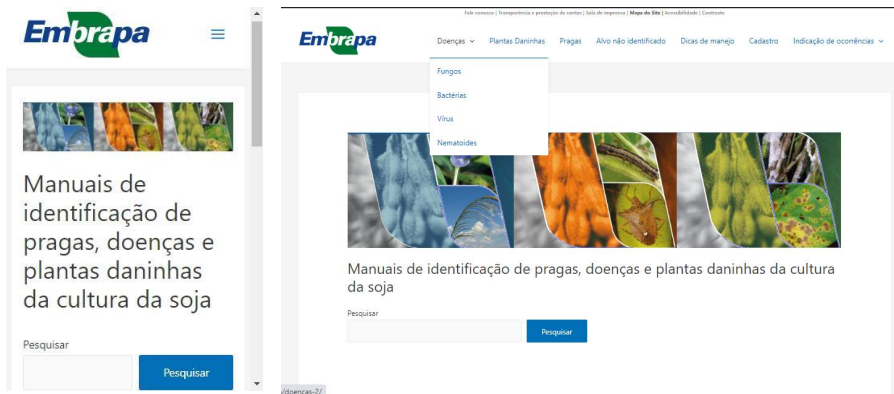


Figura 1. Tela inicial do sistema em *smartphone* (A) e no navegador *web* (B).



Figura 2. Rodapé da tela inicial.

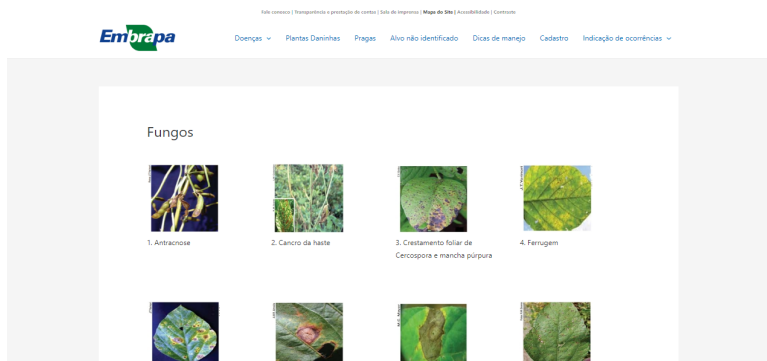


Figura 3. Lista de doenças na categoria fungos.



Figura 4. Visualização de uma doença.

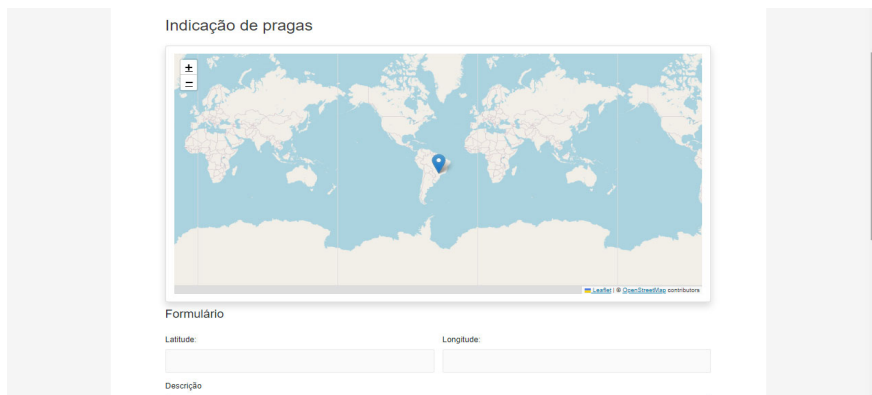


Figura 5. Tela de indicação de ocorrência de uma doença.

Os métodos a serem usados constam de coleta de dados via questionário e/ou entrevistas (produtores e profissionais da Embrapa), análise estatística para verificar diferenças significativas e estatística descritiva e prototipação. Questionários *SUS* e *UEQ* para avaliação de usabilidade serão empregados.

Será utilizada a técnica de cenários, para que, por exemplo, possa ser usado um cenário onde o agricultor busca uma praga no manual. Se não encontrar, o agricultor tira uma foto e envia para especialistas da Embrapa pelo sistema. Nessa situação, é usada a técnica de cenário de atividade (pois o usuário executa o sistema) e a de cenários de interação (as informações que o sistema necessita fornecer ao usuário, no caso, ele irá solicitar).

Há a possibilidade da criação de um novo método, exclusivo para avaliar interfaces de sistemas agrícolas similares aos manuais de identificação de pragas, plantas daninhas e doenças. Para isso, poderão ser adaptadas as questões dos questionários e também a forma da análise dos dados. Os materiais utilizados até o momento são: Plataforma *Wordpress*, *OpenStreetMap*, banco de dados relacional *MySQL*, ambiente de desenvolvimento *Visual Studio Code*, *Git* e *Github* (ferramentas de versionamento de código). Para o experimento serão utilizados computadores pessoais e *smartphones* dos produtores e especialistas da Embrapa.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos até o momento com este trabalho são o sistema e suas interfaces. Os testes de usabilidade ainda não foram realizados, e os mesmos possuem aspectos subjetivos com a coleta de opiniões dos usuários via questionários. Houve dificuldade em recrutar os usuários para participar dos testes, mas é a partir deles que vão ser definidos os ajustes do sistema. Contudo, há o risco deste grupo não representar todos os usuários.

Conclusão

Realizadas as experiências controladas, espera-se obter resultados quanto à utilização de um sistema *web* agrícola, especificamente para a consulta de informações dos manuais de pragas, doenças e plantas daninhas da cultura da soja. A avaliação de usabilidade possibilitará o aprimoramento do sistema,

adequando especialmente as interfaces conforme o público alvo. Por fim, espera-se que com o uso da tecnologia da informação na agricultura, ocorra o aumento da produtividade de forma sustentável, por meio da eficiência dos processos causada pelo acesso à informação para tomada de decisão.

Referências

- FRANCO, J. R.; PETROSKI, L. P.; GUIMARÃES, A. M.; VAZ, M. S. M. G.; FALATE, R. Desenvolvimento de sistema para rastreabilidade de alimentos orgânicos aplicando diretrizes IHC. In: CONGRESSO SUL BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO (SULCOMP), 2016, Criciúma. **Anais SULCOMP**, v. 8, 2016. 9 p. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/sulcomp/article/view/3131/2861>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- MAGALHÃES, G. B.; ROMANI, L. A. S. Aplicativos Android para agricultura: benefícios do desenvolvimento em parceria com o usuário. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 10., 2016, Campinas. **Anais...** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2016. p. 1-12. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149582/1/PL-16603-CIIC-Gabriel.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- SCHIMIGUEL, J.; BARANAUSKAS, M. C. C.; MEDEIROS, C. B. Investigando aspectos de interação em aplicações SIG na web voltadas ao domínio agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS, 6., 2004, Curitiba. **Mediando e transformando o cotidiano**: anais. Curitiba: UFPR, CEIHC-SBC, 2004. p. 103-122. Disponível em: <https://lis-unicamp.github.io/wp-content/uploads/2014/09/IHC2004.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- SILVA, M. S. G. P da. **Design para a sustentabilidade em HCI: solução P2P para a promoção dos circuitos curtos agroalimentares através de uma aplicação tecnológica móvel – SmartFoodCommunity**. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado em Human Computer Interaction) - Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/24807>. Acesso em: 21 jun. 2022.

Produtividade do milho e da soja e teores de óleo e proteína nos grãos de soja em função do consórcio do milho com braquiária e adubação nitrogenada

SANTANA, I. V. S.¹; BALBINOT JUNIOR, A. A.²; COELHO, A. E.³; OLIVEIRA, M. A. de²; DEBIASI, H.²; FRANCHINI, J. C.²

¹FPL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, ian.santana@gmail.com; ²Pesquisador, Embrapa Soja; ³UDESC, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Introdução

A inclusão de espécies de braquiária em consórcio com o milho segunda safra é uma opção para diversificar a sucessão milho/soja. A diversificação de culturas propicia maior cobertura do solo, eleva a ciclagem de nutrientes, minimiza a compactação do solo, reduz a erosão hídrica, suprime plantas daninhas e reduz a amplitude térmica no solo (Balbinot Junior et al., 2008; Carvalho et al., 2013). No consórcio do milho com braquiária, a adubação nitrogenada de cobertura reduz o efeito competitivo da braquiária sobre a cultura, auxiliando na viabilização do sistema (Sapucay et al., 2020). Salienta-se que a braquiária apresenta elevada capacidade em melhorar a qualidade física do solo, incrementando a produtividade da soja em sucessão, quando em comparação com o milho solteiro (Yokoyama et al., 2022) ou com o pousio no outono/inverno (Balbinot Junior et al., 2017).

O incremento na produtividade das espécies cultivadas, bem como a ciclagem de nutrientes para os cultivos sucessores, depende da disponibilidade de nitrogênio (N) no solo (Bernardon et al., 2020). Nesse sentido, a adubação no outono/inverno, visando atender a nutrição do sistema produtivo, aumenta a eficiência de uso do N pelas plantas e a capacidade de ciclar nutrientes, disponibilizando-o às culturas subsequentes (Momesso et al., 2019). A aplicação de N mineral em culturas de entressafra da soja pode influenciar positivamente na produtividade da oleaginosa, em função da redução da relação C/N da palhada e a consequente disponibilização de nutrientes à soja semeada em sucessão, além de potencializar a ciclagem de outros nutrientes (Câmara, 2014). É possível que os efeitos benéficos do N no outono/inverno, sobre a

soja em sucessão, possam ser incrementados pela inserção de braquiária em consórcio com o milho. Além disso, é possível que o consórcio do milho com braquiária, em diferentes doses de N, influencie os teores de óleo e proteína nos grãos da soja cultivada em sucessão, uma vez que altera vários atributos do solo.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do consórcio do milho segunda safra com braquiária, em diferentes doses de N, sobre a produtividade do milho e da soja em sucessão, bem como sobre os teores de óleo e proteína nos grãos da oleaginosa.

Material e Métodos

O experimento foi implantado em março de 2021, em Londrina - PR (23° 12' sul, 51° 11' oeste e altitude de 585 m), em um Latossolo Vermelho distroférrico de textura muito argilosa. O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com oito repetições. Nas parcelas foram alocadas duas modalidades de cultivo, milho solteiro e consorciado com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). Nas subparcelas foram avaliadas quatro doses de N em cobertura no milho; 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ de N. O tamanho das subparcelas foi de 5 x 8 m (40 m²), com área útil de 3,2 x 7 m (22,4 m²).

O milho segunda safra foi semeado sobre os resíduos da cultura da soja, em março de 2021. Utilizou-se uma semeadora-adubadora para a implantação do milho, na densidade de 70 mil sementes viáveis ha⁻¹ do híbrido P30F53 e deposição da adubação de base, de acordo com as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para o Paraná (Moreira et al., 2017), para uma expectativa de produtividade de 10 Mg ha⁻¹. Simultaneamente, foi realizada a semeadura da braquiária, com 8 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis, na entrelinha da cultura do milho, sem o uso de fertilizantes. Para o controle de plantas daninhas e supressão do crescimento da braquiária foram utilizados 3,5 L p.c. ha⁻¹ de atrazina no estágio V5 do milho. A aplicação do N em cobertura foi realizada no estágio V6 do milho, na forma de nitrato de amônio.

No final de setembro de 2021, a braquiária foi dessecada com glifosato (1.080 g e.a. ha⁻¹). A cultura da soja foi semeada em outubro de 2021. Para tal, uti-

lizou-se uma semeadora-adubadora ajustada para o espaçamento de 45 cm e 350 mil sementes viáveis ha⁻¹. A cultivar utilizada foi a BRS 1003 IPRO e a adubação foi realizada conforme as recomendações técnicas da cultura, sendo as sementes inoculadas com *Bradyrhizobium* spp. no dia da semeadura. A produtividade de grãos foi estimada pela colheita de duas linhas de sete metros de comprimento para o milho e de três linhas para a soja por subparcela. Os valores foram corrigidos para 13% de umidade e expressos em kg ha⁻¹. A quantidade de palha de milho e braquiária foi estimada por meio da coleta de 1m² por subparcela. Os teores de proteína e óleo nas amostras foram determinados em grãos de soja íntegros pela técnica da Refletância do Infravermelho Próximo (NIR), utilizando-se três subamostras por subparcela, segundo Heil (2010).

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Quando houve efeito significativo dos fatores experimentais, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para consórcio e regressão polinomial para doses de N.

Resultados e Discussão

A produtividade de grãos e a quantidade de palha produzida pelo milho foram inferiores no consórcio com braquiária, em comparação ao cultivo solteiro (Tabela 1). Ou seja, a competição exercida pela braquiária por água, luz e nutrientes impactou negativamente sobre o crescimento e a produtividade do cereal. O déficit hídrico e as geadas ocorridas durante o ciclo do milho provocaram redução expressiva na produtividade de grãos. A condição climática adversa pode ter reduzido a resposta da cultura ao aumento das doses de N. Em pesquisa realizada por Sapucay et al. (2020), em condições edafoclimáticas semelhantes ao presente trabalho, também observou-se ausência de efeito de doses de N, até 240 kg ha⁻¹, sobre a produtividade do milho segunda safra. Por sua vez, houve aumento linear na quantidade de palha de braquiária no momento da dessecação em pré semeadura da soja em função do incremento das doses de N no milho (Figura 1). Ou seja, a braquiária em consórcio respondeu ao aumento da disponibilidade de N no sistema.

A produtividade da soja em sucessão ao milho foi influenciada pela interação do consórcio com as doses de N (Figura 2). No milho consorciado, as doses

de N utilizadas no cereal não afetaram a produtividade da soja. No entanto, no milho solteiro, houve aumento da produtividade da soja em função do incremento das doses de N no milho. Nesse caso, para cada kg de N utilizado em cobertura no milho, houve aumento de 3,52 kg de grãos de soja. Essa informação é relevante, uma vez que o efeito positivo da adubação nitrogenada do milho sobre a soja em sucessão deve ser considerado na tomada de decisão sobre a adubação no cereal.

O teor de óleo nos grãos de soja foi ligeiramente inferior quando a cultura foi semeada após o milho consorciado com braquiária, em relação ao milho solteiro (Tabela 1). Com o aumento das doses de N no milho houve tendência de menores teores de proteína nos grãos de soja, na média com e sem consórcio (Figura 3). A aplicação de 180 kg ha⁻¹ de N no milho provocou redução de 1,58% no teor de proteína nos grãos de soja cultivada em sucessão, em relação à ausência de N no cereal. Ou seja, com o aumento das doses de N no milho houve aumento da produtividade da soja, porém com teores menores de proteína nos grãos. A condução de novos ensaios é importante para elucidar os efeitos do N no milho segunda safra sobre a produtividade e qualidade dos grãos de soja em sucessão, em Sistema Plantio Direto.

Tabela 1. Produtividade e quantidade de palha residual do milho e teores de óleo nos grãos de soja em sucessão ao milho, em razão do consórcio do milho com braquiária (*Urochloa ruziziensis*). Londrina, PR, safra 2021/2022.

Cultivos	Produtividade do milho (kg ha ⁻¹)	Quantidade de palha de milho (kg ha ⁻¹)	Teor de óleo nos grãos de soja (%)
Solteiro	2374 a ¹	7588 a	22,1 a
Consoiciado	2106 b	6942 b	21,7 b
CV (%)	13,0	21,1	3,7

¹ Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste Tukey (≤ 5%).

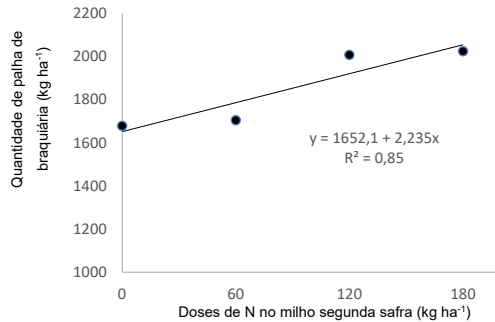


Figura 1. Quantidade de palha de braquiária (*Urochloa ruziziensis*) no momento da dessecação em função de doses de N no milho segunda safra, Londrina, PR, safra 2021/2022.

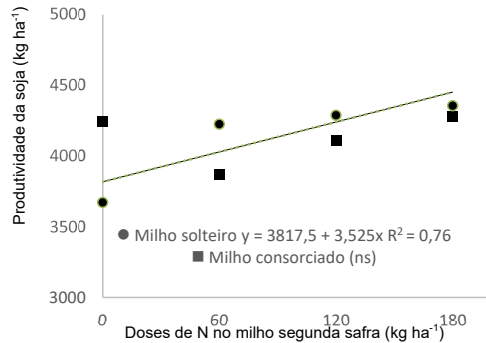


Figura 2. Produtividade da soja em função de doses de N no milho segunda safra, Londrina, PR, safra 2021/2022.

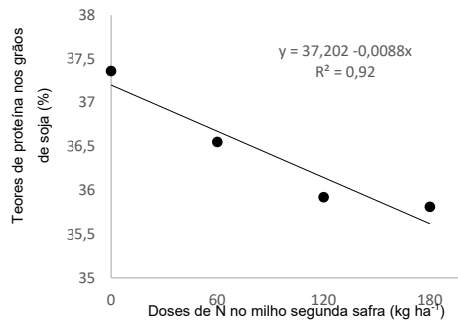


Figura 3. Teores de proteína nos grãos de soja em função de doses de N no milho segunda safra (médias com e sem braquiária, *Urochloa ruziziensis*), Londrina, PR, safra 2021/2022.

Conclusão

O consórcio do milho segunda safra com braquiária (*Urochloa ruziziensis*) provocou redução na produtividade de grãos e na quantidade de palha residual do milho, além de menor teor de óleo nos grãos de soja cultivada em sucessão, comparativamente ao milho solteiro.

O incremento das doses de N no milho segunda safra aumentou a produtividade da soja em sucessão, porém reduziu os teores de proteína nos grãos.

Referências

- BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 592-598, 2017.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J.; VEIGA, M. Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v. 26, n. 3, p. 569-576, 2008.
- BERNARDON, A.; ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B.; FRANZLUEBBERS, A. J.; MACCARI, M.; BORTOLLI, M. A. Carryover of N-fertilization from corn to pasture in an integrated crop-livestock system. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 67, n. 5, p. 687-702, 2020.
- CÂMARA, G. M. S. Fixação biológica do nitrogênio em soja. **Informações Agronômicas**, v. 147, p. 1-9, 2014.
- CARVALHO, W. P. de; CARVALHO, G. J. de; ABBADE NETO, D. de O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônomo de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 157-166, 2013.
- HEIL, C. **Rapid**: multi-component analysis of soybeans by FT-NIR spectroscopy. Madison: Thermo Fisher Scientific, 2010.
- MOMESSO, L.; CRUSCIOL, C. A.; SORATTO, R. P.; VYN, T. J.; TANAKA, K. S.; COSTA, C. H.; FERRARI NETO J., CANTARELLA, H. Impacts of nitrogen management on no-till maize production following forage cover crops. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 2, p. 639-649, 2019.
- MOREIRA, A.; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; MUNIZ, A. S.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MÜLLER, M. M. L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (ed.). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS, Núcleo Estadual do Paraná, 2017. 482 p.
- SAPUCAY, M. J. L. C.; COELHO, A. E.; BRATTI, F.; LOCATELLI, J. L.; SANGOI, L.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; ZUCARELI, C. Nitrogen rates on the agronomic performance of second-crop corn single and intercropped with ruzigrass or showy rattlebox. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, e65525, 2020.
- YOKOYAMA, A. H.; ZUCARELI, C.; COELHO, A. E.; NOGUEIRA, M. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Precrops and N-fertilizer impacts on soybean performance in tropical regions of Brazil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 44, e54650, 2022.

Catálogo virtual de doenças e pragas de soja

BASSETO, V. H. B.¹; SANCHES, S. R. R.²; GRANDI, M. A.³; OLIVEIRA, C.²; KERN, H. S.⁴; SILLA, P. R.⁴

¹UTFPR, Bolsista PIBIC/CNPq, Cornélio Procópio, PR, vitorhugobasseto@gmail.com; ²UTFPR, Departamento de Computação, Cornélio Procópio, PR; ³FATEC, Catanduva, SP; ⁴Analista, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

A soja é uma cultura considerada de grande importância econômica e amplamente cultivada ao redor do mundo. Segundo Zhang et al. (2021), sua demanda tende a aumentar com o crescimento da população e, por esse motivo, é essencial que sejam criadas estratégias para ampliar sua produtividade, levando em conta a sustentabilidade, os custos e o impacto ambiental.

Um dos fatores que impedem a maximização da produção da soja, assim como a maioria das culturas, é a ocorrência de pragas e doenças. O constante monitoramento das lavouras com a detecção precoce da presença desses patógenos e pragas permite a utilização mais racional de defensivos, pois os insumos podem ser aplicados na quantidade e local corretos, reduzindo os custos de produção e o impacto ambiental que ocorre quando esses são aplicados na área total da produção (Tetila et al., 2020).

Nesse processo, o conhecimento dos agentes patogênicos, assim como dos sintomas que as plantas apresentam ao sofrerem o ataque, é de fundamental importância para o sucesso do monitoramento e controle.

Várias empresas que atuam na área agrícola, geralmente, disponibilizam publicações impressas, como manuais e catálogos (Figura 1), que contêm informações visuais que auxiliam o produtor a identificar os agentes patogênicos e os sintomas nas plantas atacadas. No entanto, essas informações estão dispersas em diversas publicações, o que dificulta sua consulta e a rápida identificação desses agentes. Reunir toda a informação em uma única fonte de fácil e rápido acesso é um avanço nas ações de combate ao ataque de pragas e patógenos na cultura da soja.

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver um aplicativo móvel para auxiliar na identificação de pragas e doenças da soja e foi dividido em duas

perspectivas: a) consulta de catálogos/manuais sobre pragas e doenças da cultura da soja; b) envio de imagens de plantas de soja com possíveis pragas ou doenças para análise de especialistas.



Figura 1. Manual publicado pela Embrapa Soja para auxiliar na identificação visual de doenças da soja.

Material e Métodos

O trabalho contou com as seguintes etapas:

- Reunir o conteúdo das versões impressas dos manuais de pragas e doenças de soja.
- Definir a tecnologia para o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivo móvel que apresente o conteúdo dos manuais aos usuários, de forma dinâmica e interativa.
- Desenvolver um protótipo cuja interface possa ser avaliada pela equipe da Embrapa Soja.
- Implementar a comunicação do aplicativo móvel com a aplicação web.
- Validar o aplicativo por meio da comparação das suas funcionalidades com as funcionalidades de aplicativos similares.
- Analisar a aceitação da solução proposta por meio de avaliações com usuários.

Resultados e Discussão

Como resultados parciais obtidos do trabalho, foram reunidas as informações dos manuais de doenças e pragas de soja publicados pela Embrapa Soja, que cedeu imagens digitais de plantas saudias e não saudias, além de informações sobre as doenças e pragas apresentadas nessas imagens.

O framework Flutter foi utilizado para criar a primeira versão do protótipo, que ainda não está integrado com a aplicação Web, em desenvolvimento por outro grupo de pesquisa. Os exemplos de telas do protótipo são apresentados na Figura 2. A Figura 2A mostra a tela de login do aplicativo em que o usuário deve realizar um cadastro para ter acesso ao sistema. Algumas das funcionalidades poderão ser acessadas sem o cadastro. A Figura 2B exibe a tela que lista as categorias em que as pragas e doenças são agrupadas.

Cada categoria leva a uma listagem específica. Na Figura 2C, é mostrada a listagem exibida quando o usuário escolhe a categoria “Praga”. Na Figura 2D, pode ser visualizada as informações de uma determinada praga e o formulário em que o produtor pode enviar dúvidas aos especialistas pode ser visualizado na Figura 2E.

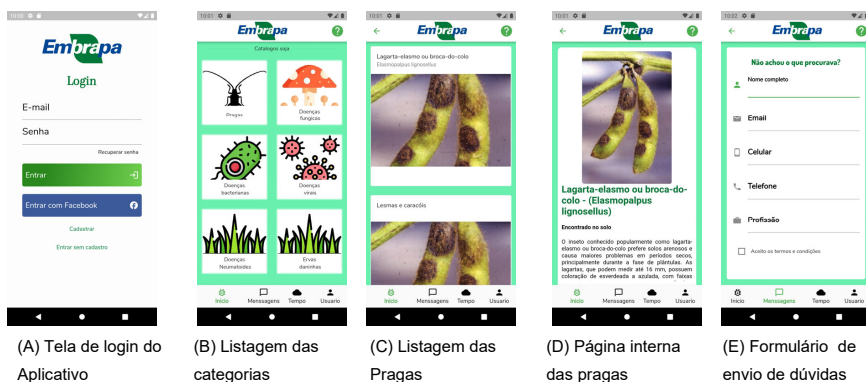


Figura 2. Telas referentes ao aplicativo que permite a interação entre o produtor e especialistas da Embrapa Soja.

A próxima etapa do trabalho consiste na integração do aplicativo com o sistema web em que os dados deverão ser armazenados. A aplicação Web está sendo desenvolvida em paralelo com a aplicação móvel. Testes com especialistas da Embrapa devem ser realizados ainda com a versão atual do protótipo, uma vez que os *feedbacks* da equipe serão importantes para o aperfeiçoamento da interface do aplicativo.

Conclusão

A solução proposta no presente trabalho poderá ser utilizada como um catálogo online em que o produtor possa esclarecer dúvidas e identificar doenças e pragas da soja. Por meio dos formulários implementados no aplicativo, será possível o envio de dúvidas e o relato de ocorrência para que se obtenha o retorno dos especialistas da empresa. Assim, o aplicativo deve ser uma ferramenta para criar um canal de comunicação entre os produtores e os profissionais da Embrapa Soja.

Referências

TETILA, E. C.; MACHADO, B. B.; MENEZES, G. V.; BELETE, N. A. de S.; ASTOLFI, G.; PISTORI, H. A deep-learning approach for automatic counting of soybean insect pests. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 17, n. 10, p. 1837-1841, 2020. DOI: 10.1109/LGRS.2019.2954735.

ZHANG, K.; WU, Q.; CHEN, Y. Detecting soybean leaf disease from synthetic image using multi-feature fusion faster r-cnn. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 183, e106064, 2021. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106064.

Protótipo de plataforma web para escolha de cultivares da Embrapa Soja

CARLOS, L. A.¹; SILVA, M. A. da¹; RÉ, R.²; SILVA, G. C.³; KERN, H. S.⁴; HORIKAWA, M. Y.⁴

¹UTFPR, Bolsista DTI-C/CNPq, Cornélio Procópio, PR, pleandroalfredo@gmail.com; ²UTFPR, Cornélio Procópio, PR; ³UTFPR, Campo Mourão, PR; ⁴Embrapa Soja, Núcleo de Comunicação Organizacional, Londrina, PR.

Introdução

A Embrapa Soja é uma das 43 unidades de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). A Unidade é referência mundial no desenvolvimento de tecnologias para a cultura da soja em regiões tropicais. O Núcleo de Comunicação Organizacional (NCO) da Embrapa Soja é responsável por levar até sojicultores e técnicos rurais as tecnologias, técnicas e orientações desenvolvidas pelos pesquisadores da Embrapa Soja (Embrapa Soja, 2022).

Em 2018, o NCO iniciou um amplo projeto visando contribuir para uma maior sustentabilidade dos sistemas produtivos nos quais a soja está inserida. Para executar esse projeto, o NCO da Embrapa Soja conta com alguns parceiros. Um desses parceiros é a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - campus Cornélio Procópio (UTFPR-CP).

O Projeto *“Personalização de Plataforma Modular em Nuvem para Comunicação Ágil e Interativa de Informações da Cultura da Soja”* foi definido no âmbito da UTFPR. Esse projeto guia as atividades desenvolvidas pelos participantes da universidade na cooperação com a Embrapa Soja.

De acordo com entrevista realizada com o NCO da Embrapa Soja, três problemas distintos motivam o presente projeto:

- Ao acessar o website atual, produtores e técnicos se deparam com uma densidade de informações descentralizadas e desatualizadas, dificultando a seleção da informação de interesse.

- As informações estão disponíveis apenas em formato *Portable Document Format* (PDF). Esse formato estático dificulta a atualização das informações em tempo real. Isso limita o acesso a novas cultivares disponíveis.
- O website limita a interação entre os produtores/técnicos e os pesquisadores da Embrapa Soja.

Em conjunto, esses problemas dificultam a escolha da cultivar mais apropriada para o produtor. Uma cultivar menos apropriada pode reduzir o potencial de produção e o lucro dos produtores de soja além de impactar negativamente o meio ambiente (Dall’Agnol, 2020).

Este trabalho apresenta resultados preliminares de um protótipo desenvolvido no contexto do projeto da UTFPR, que consiste em uma plataforma *Web* do Catálogo de Cultivares de Soja. O objetivo é organizar o portfólio de cultivares de soja da Embrapa Soja em um único local, facilitando o acesso à informação e a tomada de decisão.

Material e Métodos

Pesquisa-ação é um dos cinco métodos clássicos de pesquisa empírica (Easterbrook et al., 2008), além de ser um dos métodos mais utilizados em colaborações entre academia e indústria (Garousi et al., 2019). Este método é adequado quando todos os participantes se envolvem para criar estratégias para resolução dos problemas (Gajardo, 1986) e quando visa uma compreensão de uma determinada situação social (Davison et al., 2004). Além disso, muitos pesquisadores focados na indústria adotam o método de pesquisa-ação (Petersen et al., 2014). Por isso, pesquisa-ação é o método usado para guiar o trabalho apresentado.

A Figura 1 apresenta um ciclo da pesquisa-ação adaptado ao contexto deste trabalho onde: (i) na etapa de *diagnosticar*, foram identificados os principais problemas enfrentados pela Embrapa Soja; (ii) na etapa de *planejar ação*, levantou-se os requisitos para a personalização da plataforma *web*; (iii) na etapa de *intervir realizar ações*, foi personalizado o primeiro protótipo da plataforma *web*; (iv) na etapa de *avaliar*, representantes do NCO da Embrapa Soja e parceiros indicados pela Embrapa Soja avaliarão a plataforma *web*; (v) na etapa de *refletir*, os participantes verificarão se as ações tomadas foram satisfatórias para resolução dos problemas.

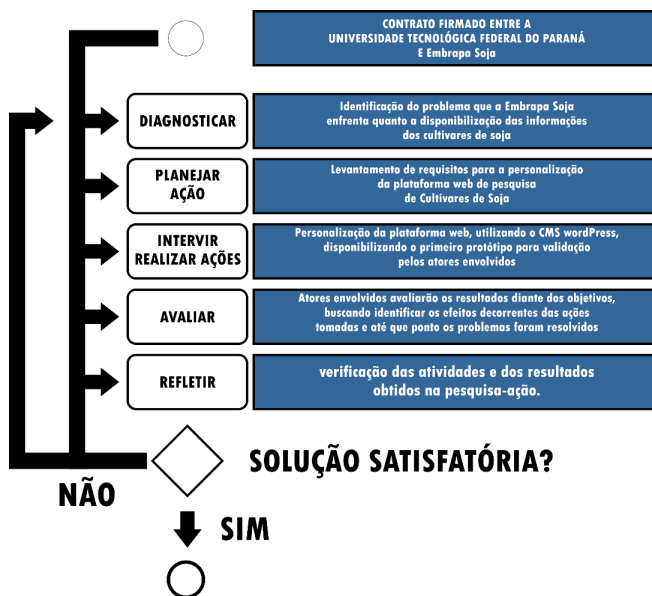


Figura 1. Etapas de um ciclo da Pesquisa-ação, adaptado de Davison et al. (2004).

O projeto encontra-se em andamento na etapa de *intervir realizar ações* em que foi desenvolvido o primeiro protótipo como pré-requisito para resolução dos problemas apresentados pela Embrapa Soja.

Resultados e Discussão

Esta seção apresenta resultados preliminares de um protótipo para a pesquisa de cultivares de soja da Embrapa Soja. O protótipo foi desenvolvido usando um sistema para computador, *Web Content Management System* (WCMS), que fornece ferramentas úteis para gerenciar publicação de conteúdo dinâmico na *Internet*, (Boiko, 2001; Segec; Kubina, 2008). A principal característica do WCMS é acelerar o processo de atualização da informação com pouca intervenção técnica (Shah, 2012).

Na personalização do protótipo é usado o WordPress, pois é um dos principais WCMS de código aberto do mercado (Maraga et al., 2022) sendo que: (i) é fácil de instalar e usar; (ii) possui popularidade entre os desenvolvedores e; (iii) possui uma comunidade ativa e participativa (Augustyniak et al., 2005).

As funcionalidades a serem desenvolvidas são:

- **Login** para acesso à área do **Meu Perfil**.
- **Meu Perfil** onde o usuário irá cadastrar dados pessoais, propriedades e culturas.
- **Depoimentos** por Vídeo de diferentes cultivares de soja.
- **Fale Conosco** onde o usuário poderá contatar a Embrapa Soja.
- **Compare** onde o usuário poderá escolher até 3 cultivares diferentes comparando suas características.
- **Pesquisa de Cultivares** de Soja, a área onde o usuário pesquisará por termos ou por cidade.
- **Glossário**, apresentando os principais termos utilizados na plataforma *web*.
- **Onde Comprar Sementes** é a área onde o usuário poderá encontrar informações de parceiros e/ou fornecedores de sementes.
- **Destaques** é uma área destinada à postagem de informações a partir de imagens pelo administrador da plataforma *web*.

A Figura 2 usa um diagrama de casos de uso da *Unified Modeling Language* (UML) para representar o caso de uso do módulo da área do usuário.

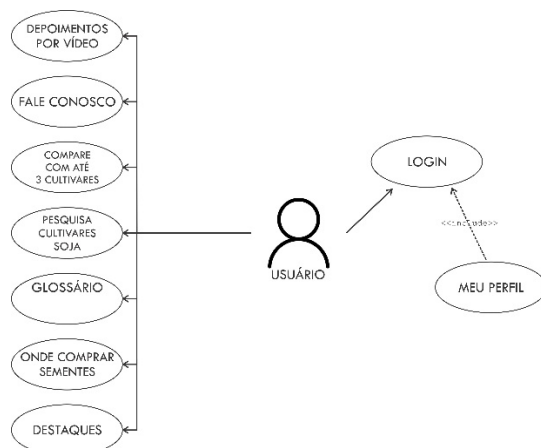


Figura 2. Diagrama de Aplicação. Área do Usuário.

A Figura 3 apresenta a página inicial da plataforma *web* onde o usuário poderá realizar pesquisa sobre as informações das cultivares de soja por termos (1) ou por cidade (2). O usuário poderá optar por disponibilizar a sua localização no navegador onde a plataforma buscará cultivares de soja em sua localização ou nas proximidades.



Figura 3. Página Inicial - Protótipo.

A Figura 4 apresenta o resultado da pesquisa realizada pelo usuário (1). A marcação (2) apresenta uma listagem de informações relevantes da cultivar de soja. O usuário poderá pesquisar por múltiplos termos. No painel à esquerda dessa tela, o usuário possui links rápidos para auxiliar sua pesquisa.



Figura 4. Página de resultados após pesquisa - Protótipo.

Ao realizar uma pesquisa por cidade ou localização, há uma opção para aumentar o raio de pesquisa conforme indicado no lado esquerdo da Figura 5.

Pesquisa de Cultivares de Soja Home > Pesquisa

Você está realizando uma pesquisa pela cidade de **LAMBARI - MG**. Foram encontradas 8 Cultivares

Filtros:

2020/2021

CONVENCIONAL

BRS 232

Crescimento: Determinado

Flor: Roxa

Pubescência: Cinza

Acamamento: Resistente

Doença: Podridão parda da haste
(RESISTENTE)

Figura 5. Página de Especificações da Cultivar escolhida - Protótipo.

Conclusão

O primeiro protótipo foi aprovado pelos representantes do NCO da Embrapa Soja em reuniões realizadas por teleconferência. Conforme os representantes do Núcleo de Comunicação, o protótipo atende os principais requisitos do projeto. Dessa forma, o protótipo proporciona solução para alguns problemas apresentados na seção de *Introdução*.

Os próximos passos são (i) evoluir o protótipo para um aplicativo usável; (ii) implantar o protótipo nos servidores internos da Embrapa Soja; (iii) realizar o treinamento do uso do protótipo da equipe e parceiros indicados pela Embrapa Soja, no formato de videoaulas gravadas e videochamadas.

Referências

AUGUSTYNIAK, R. H.; AGUERO, D. B.; FINLEY, A. M. The IP's guide to the galaxy of portal planning: part I drafting a portal vision. **Online Information Review**, v. 29, n. 3, p. 283-295, 2005.

BOIKO, B. Understanding content management. **Bulletin of the American Society for Information Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 8-13, 2001.

DALL'AGNOL, A. **Dicas para uma produção sustentável de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 1 folder. Folder 01/2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1124080/1/Folder-01-prod.sustentavel-soja-2020.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2022.

DAVISON, R.; MARTINSONS, M. G.; KOCK, N. Principles of canonical action research. **Information Systems Journal**, v. 14, n. 1, p. 65-86, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2575.2004.00162.x>. Acesso em: 09 jun. 2022.

EASTERBROOK, S.; SINGER, J.; STOREY, M. A.; DAMIAN, D. Selecting empirical methods for software engineering research. In: SHULL, F.; SINGER, J.; SJØBERG, D. I. K. (Ed.). **Guide to advanced empirical software engineering**. London: Springer, 2008. p. 285-311. DOI: 10.1007%2F978-1-84800-044-5_11.

EMBRAPA SOJA. **Apresentação**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/apresentacao>. Acesso em: 09 jun. 2022.

GAJARDO, M. **Pesquisa participante na América Latina**. São Paulo: Brasiliense, 1986. 94 p.

GAROUSI, V.; PFAHL, D.; FERNANDES, J.; FELDERER, M.; MANTYLA, M.; SHEPHERD, D.; ARCURI, A.; COSKUNCAY, A.; TEKINERDOGAN, B. Characterizing industry-academia collaborations in software engineering: evidence from 101 projects. **Empirical Software Engineering**, v. 24, p. 2540-2602, 2019.

MARAGA, A.; AWUOR, F. M.; OGALO, J. Model for security controls in web content management system. **Journal of Internet and Information Systems**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2022.

PETERSEN, K.; GENCEL, C.; ASGHARI, N.; BACA, D.; BETZ, S. Action research as a model for industry-academia collaboration in the software engineering context. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON LONG-TERM INDUSTRIAL COLLABORATION ON SOFTWARE ENGINEERING, 2014, Vasteras. **Proceedings...** ACM, 2014. p. 55-62.

SEGEC, P.; KUBINA, M. Using of CMS systems for schools and education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF VIRTUAL UNIVERSITY, 5., 2008., [s.l.]. **Proceedings...** 5 p.

SHAH, R. **Building a web content management system**. 2012. 51 f. Dissertation (Master of Science in Computer Science) - San Diego State University, San Diego.

Alteração do estado nutricional do trigo em resposta a aplicação de calcário e cobre

ARMELIM, M. C.¹; MOREIRA, A.^{2,3}; MORAES, L. A. C.²

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, maicon.agroeng@gmail.com; ²Pesquisador, Embrapa Soja;

³Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Introdução

O cobre (Cu) desempenha importantes funções nas plantas, destacando-se a participação no fluxo de elétrons na fase luminosa da fotossíntese e na fase escura auxiliando a entrada do CO₂ em compostos orgânicos (Moreira et al., 2022). No metabolismo vegetal, as plantas apresentam mais de 100 diferentes tipos de proteínas que contém Cu, dentre essas destacam-se a plastocianina, superóxido desmutase, citocromo oxidase, diamina oxidase e polifenol oxidase (Marschner, 2012; Moreira et al., 2022).

Nas condições tropicais e subtropicais, a acidez do solo é um dos fatores mais limitantes para a obtenção de bons rendimentos em lavouras de trigo (*Triticum aestivum* L.), no entanto, a aplicação contínua de calcário pode diminuir a disponibilidade dos micronutrientes metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn). A baixa disponibilidade desses nutrientes prejudica o desenvolvimento das plantas, reduz o sistema radicular e a parte aérea e diminui a absorção de nutrientes e água (Moreira; Fageria, 2010), ocorrendo um acúmulo de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na camada superficial, que além da consequente redução da acidez do solo devido a reação dos carbonatos de Ca e Mg gerando íons OH⁻, também tem induzido deficiência de alguns nutrientes, como o Cu (Moreira et al., 2017; Moreira et al., 2019).

É de conhecimento geral que a elevação do pH do solo reduz a solubilidade do Cu e de todos os metais pesados, tornando-o menos disponível às plantas cultivadas (Wu et al., 1999; Moreira et al., 2022) aliado a isso, a exportação dos nutrientes por meio da colheita dos grãos tem reduzido a quantidade dos nutrientes no sistema, em especial o Cu disponível no solo, que vem diminuindo gradativamente (Moreira; Moraes, 2019), como reportado por Fageria et al. (2015), cujo os sintomas de deficiência do nutriente tem sido reportado em diferentes culturas e locais. Para agravar ainda mais este problema,

também existem os efeitos interiônicos antagônicos, ou de inibição competitiva e não competitiva entre os nutrientes pelos mesmos sítios de absorção (Malavolta et al., 1997; Marschner, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento do cultivo do trigo (teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e Cu) em dois tipos de solo (Neossolo Quartzarênico, NQ e Latossolo Vermelho distrófico, LVd) com diferentes níveis de acidez (sem e com calagem) e cinco doses de Cu aplicado no solo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação localizada no município de Londrina (23°19'08" LS e 51°11'37" LO), Estado do Paraná, Brasil. Os solos utilizados foram um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) coletado em área de mata nativa na camada de 0-20 cm no município de Mauá da Serra, Estado do Paraná e um Neossolo Quartzarênico (NQ) coletado em área de pastagem no município de Osvaldo Cruz, Estado de São Paulo com os seguintes atributos químicos e físicos: a) LVd - pH em $\text{CaCl}_2 = 4,6$, matéria orgânica do solo (MOS) = 45,6 g kg^{-1} , fósforo (P - Mehlich 1) = 2,4 mg kg^{-1} , potássio (K^+) = 0,4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, cálcio (Ca^{2+}) = 3,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, magnésio (Mg^{2+}) = 1,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, enxofre (S-SO_4^{2-}) = 15,8 mg kg^{-1} , alumínio (Al^{3+}) = 0,2 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, acidez potencial (H+Al) = 8,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, capacidade de troca de cátions (CTC) = 13,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, boro (B) = 0,5 mg kg^{-1} , Cu = 2,1 mg kg^{-1} , ferro (Fe) = 65,7 mg kg^{-1} , manganês (Mn) = 48,7 mg kg^{-1} , zinco (Zn) = 1,5 mg kg^{-1} , argila 630 g kg^{-1} e areia 210 g kg^{-1} e b) NQ - pH em $\text{CaCl}_2 = 4,6$, MOS = 9,5 g kg^{-1} , P = 1,6 mg kg^{-1} , K^+ = 0,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, Ca^{2+} = 1,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, Mg^{2+} = 0,3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, S-SO_4^{2-} = 2,0 mg kg^{-1} , Al^{3+} = 0,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, H+Al = 2,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, CTC = 3,4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, B = 0,2 mg kg^{-1} , Cu = 1,4 mg kg^{-1} , Fe = 12,1 mg kg^{-1} , Mn = 25,9 mg kg^{-1} , zinco (Zn) = 0,7 mg kg^{-1} , argila 59 g kg^{-1} e areia 915 g kg^{-1} .

Os tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas. Nas parcelas dois tipos de solo: 1- Latossolo Vermelho distrófico (LVd) e 2- Neossolo Quartzarênico (NQ). Nas subparcelas duas doses de calcário equivalente a 0 e 5,0 Mg ha^{-1} (0 e 7,5 g por vaso, 28% de CaO e 18% de MgO, p:p) e cinco doses de Cu (0, 2, 4, 8 e 16 mg kg^{-1}), com quatro repetições. O experimento foi conduzido em vasos de barro de 3,0 dm^3 de solo seco ao ar (TFSA) passado em peneira de 2,0 mm.

O calcário foi homogeneizado nos vasos e as adubações com P, K, B, S, Co, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn foram feitas de acordo com Moreira e Fageria (2010) para experimentos conduzidos em condições de casa de vegetação. Os vasos foram irrigados diariamente para compensar as perdas por evapotranspiração e para manter o solo próximo de 70% do valor total de poros. A cultivar utilizada foi a BRS Sabiá e foram semeadas dez sementes, e após o desbaste deixadas três plantas uniformes por vaso. No estádio 10.1 foi coletada a folha diagnóstico para determinação dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e Cu de acordo com as metodologias descritas em Malavolta et al. (1997).

Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, e posteriormente realizadas a análise de variância (ANOVA), teste F, regressão ($p \leq 0,05$) e comparação de contraste entre médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Resultados e Discussão

Os dois tipos de solo com diferentes teores de argila influenciaram os tratamentos com efeito significativo sobre teor foliar de Ca e exceto para os teores totais de P e Cu, os foliares de N, K, Ca e M foram influenciados pela aplicação de calcário, enquanto os teores de Ca e Cu apresentaram resposta em relação à aplicação de Cu com interação significativa para aplicação de calcário e doses de Cu, independentemente do tipo de solo (Tabela 1). Estes resultados confirmam a presença de antagonismo entre o Ca^{2+} e Cu^{2+} descrita por Malavolta et al. (1997) e Moreira et al. (2022), indicando que solos com níveis elevados de Ca trocável ocasiona em menor absorção de Cu e, dependendo do teor disponível no solo deve-se fazer uma adubação complementar (foliar ou solo) com Cu ou Ca para que ambos os nutrientes apresentem níveis adequados em todo ciclo de crescimento das plantas. Apesar do efeito antagonístico Ca \times Cu verificado e, independentemente do tipo de solo, os teores foliares de N, P, K, Mg, Ca e Cu variaram de 30,0 a 48,4 g kg⁻¹, 4,6 a 5,8 g kg⁻¹, 12,0 a 22,5 g kg⁻¹, 2,1 a 5,6 g kg⁻¹, 4,3 a 7,5 g kg⁻¹ e 3,0 a 8,1 mg kg⁻¹, respectivamente e situaram próximo ou dentro das faixas indicadas por Malavolta et al. (1997) como adequadas para o cultivo do trigo. Nos dois tipos de solos e na ausência ou presença do aporte de calcário, a aplicação de Cu no plantio do trigo acarretou efeito de regressão linear positivo no teor foliar do nutriente, sendo que as doses testadas não indicaram sintomas visuais de fitotoxicidade nas plantas.

Tabela 1. Teores totais de N, P, K, Mg, Ca e Cu em dois solos sem (A) e com (B) aplicação de calcário e doses de cobre e produção relativa do trigo em função da aplicação de calcário (Δ).

	Cu		N		P		K		Mg		Ca		Cu	
	mg kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Latossolo	0	30,0	43,6	4,6	4,8	16,3	17,0	2,1	2,8	5,9	7,5	3,2	3,4	
(LVd)	2	42,6	47,4	5,5	5,2	22,0	14,8	3,3	3,9	5,4	7,3	5,1	4,1	
	4	35,5	38,1	5,4	5,7	22,5	15,3	2,1	4,1	5,2	7,1	6,2	5,9	
	8	38,4	47,4	5,1	5,7	14,3	12,3	3,1	3,4	4,5	7,0	7,5	6,6	
	16	36,5	42,9	5,2	5,1	18,0	15,5	3,7	5,3	4,3	5,9	10,3	7,1	
Média		36,6b	43,9a	5,2a	5,3a	18,6a	15,0b	2,9b	3,9a	5,1b	7,0a	6,5a	5,4b	
Neossolo	0	42,1	42,6	4,8	5,0	15,0	16,0	2,5	2,7	5,1	7,0	3,0	2,9	
(NQ)	2	43,0	47,0	5,8	5,3	16,3	13,0	3,9	4,6	4,7	6,9	4,5	3,8	
	4	42,4	44,4	5,6	5,7	14,8	14,3	3,3	5,3	4,4	6,7	5,6	5,0	
	8	34,8	48,4	5,4	5,0	15,3	14,0	4,0	5,6	4,4	6,6	6,8	6,2	
	16	40,9	39,6	5,3	5,2	17,8	14,5	3,6	3,9	3,2	5,5	9,5	6,9	
Média		40,6a	44,4a	5,4a	5,3a	15,8a	14,4b	3,5b	4,4a	4,4b	6,5a	5,9a	5,0b	
Teste F														
Solo		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	
Calcário (a)		*	*	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	
Cobre (b)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	
a x b		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	
CV (%)		12,7		15,5	9,3		11,4		10,1				9,2	

*, ns Significativo a 5% probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas por letras distintas dentro da mesma linha e variável diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV – Coeficiente de variação.

Conclusão

A aplicação de calcário aumentou os teores foliares totais de N, Mg e Ca e reduziu os de K e Cu. Foi confirmado a presença de antagonismo do Ca × Cu, a aplicação de calcário diminuiu na média dos dois tipos de solo em 26,2% o teor foliar de Cu, enquanto a aplicação de calcário reduziu o teor foliar de Cu em 16,1%.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina (UEL) pelas análises e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Referências

- FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; MELO, L. C. Copper-use efficiency in dry bean genotypes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, p. 979-990, 2015.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition for higher plants**. London: Academic Press, 2012. 649 p.
- MOREIRA, A.; FAGERIA N. K. Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1231-1239, 2010.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C. Soybean response to copper applied to two soils with different level of organic matter and clay. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, p. 2247-2258, 2019.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; LARA, I. C. V.; NOGUEIRA, T. A. R. Differential response of soybean genotypes to lime rates. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 63, p. 1281-1291, 2017.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; MELO, T. R.; HEINRICHS, R.; MORETTI, L. G. Management of copper for crop production. **Advances in Agronomy**. v. 173, p. 257-298, 2022.
- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; NOGUEIRA, T. A. R.; CANIZELLA, B. T. Copper use efficiency in soybean cultivars. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e01140, 2019.
- WU, J.; LAIRD, D. A.; THOMPSON, M. L. Sorption, and desorption of copper on soil clay components. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, p. 334-338, 1999.

Incidência de *Cercospora kikuchii* em sementes de cultivares de soja submetidas à deterioração por umidade em pré-colheita

HASEGAWA, V. Y.¹; BRZEZINSKI, C. R.²; ABATI, J.³; ZUCARELI, C.³; KRZYZANOWSKI, F. C.⁴; HENNING, A. A.⁴; FRANÇA-NETO, J. B.⁴; HENNING, F. A.⁴

¹Estudante de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, vitorhasegawa@gmail.com; ²GDM Genética do Brasil S.A., Porto Nacional, TO; ³Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Sementes de soja em fase de pré-colheita estão sujeitas a sofrer alterações físicas quando submetidas a condições de precipitação excessiva aliadas a variações de umidade e temperatura, o que pode causar enrugamento e ruptura do tegumento e dos tecidos embrionários devido a sucessivos ciclos de expansão e contração no seu volume interno (Marcos-Filho, 2015; França-Neto et al., 2016).

Junto aos atributos físicos, os danos por umidade podem causar redução da qualidade sanitária e fisiológica da semente de soja (Shu et al., 2020; Pinheiro et al., 2021).

Altas pluviosidades também favorecem a incidência de fungos que infectam as sementes e colaboram com a deterioração e redução da qualidade das sementes (França-Neto et al., 2016). Dentre os fungos, pode-se destacar a *Cercospora kikuchii*, patógeno causador da mancha-púrpura na semente de soja, além de atacar outros órgãos da planta, o que pode causar queda na produtividade devido ao crestamento foliar, seguido de queda prematura de folhas (Henning, 2005).

Além disso, existem variações quanto aos níveis de dano por umidade observados em sementes de diferentes cultivares de soja, mesmo quando expostas as mesmas condições ambientais (Brzezinski et al., 2022).

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes volumes pluviométricos em pré-colheita sobre a incidência de *C. kikuchii* em sementes de cultivares de soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Embrapa Soja, em Londrina, PR, no Laboratório de Patologia de Sementes.

Foram utilizadas sementes de sete cultivares de soja: BRS 1010 IPRO, BRS 284, NA 5909 RR, BRSMG 752S, BRSMT Pintado, BRS Jiripoca e M8210 IPRO. Estas sementes foram produzidas em casa de vegetação (modelo Van der Hoeven®), em condições de temperatura e umidade relativa do ar parcialmente controladas. Tais condições foram monitoradas durante o experimento com auxílio do equipamento Data Logger (Figura 1). As plantas foram conduzidas em vasos, com solo devidamente corrigido de acordo com as necessidades da cultura e, anterior à semeadura, as sementes foram tratadas com o fungicida Derosal Plus® (Carbendazim 15% + Thiram 35%) na dose de 200 mL 100 kg⁻¹ de sementes.

Para a simulação das precipitações foi utilizado um equipamento específico, montado em uma sala fechada. Este equipamento consiste em uma barra de pulverização equipada com sete bicos cônicos de alta vazão, modelo TKSS20, espaçados em 0,50 m. A barra foi alocada a uma altura de 1,45 m acima da superfície das unidades experimentais e tem a capacidade de se deslocar por uma área de 15 m². Aliado a escolha do modelo e posicionamento dos bicos, foi possível simular uma precipitação uniforme sobre as plantas.

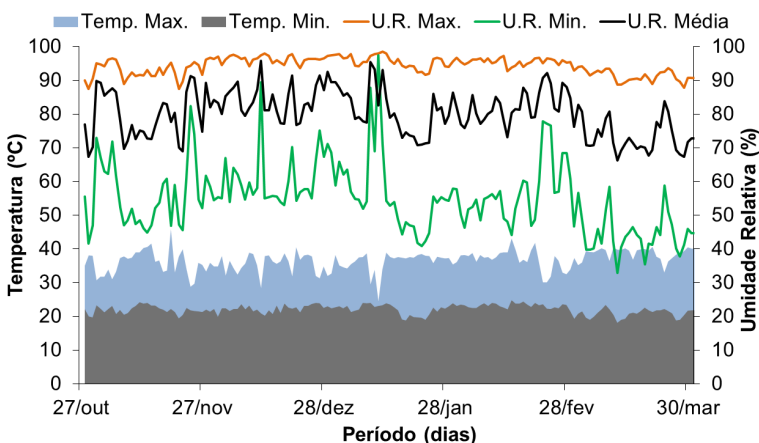


Figura 1. Temperatura (Temp.) máxima e mínima diária (°C) e umidade relativa do ar (U.R.) máxima, mínima e média diária (%), para o período de desenvolvimento da soja cultivada em condições de casa de vegetação.

Os estádios fenológicos foram determinados baseados na escala de Ritchie et al. (1997). Os volumes de precipitação simulada acumulada foram de 54 e 162 mm, além do tratamento controle, que não recebeu precipitação (0 mm) (Tabela 1). A simulação foi realizada quando as plantas se encontravam no estágio R8 de seu desenvolvimento (95% das vagens maduras), durante três dias, com aplicações espaçadas em 24h.

Tabela 1. Precipitações médias diárias e acumuladas (mm) em cultivares de soja no estágio fenológico de desenvolvimento da cultura R8.

	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Acumulado
Precipitação 0 (controle)	0	0	0	0
Precipitação 54	18	18	18	54
Precipitação 162	54	54	54	162

Passados os ciclos de hidratação e desidratação, as plantas foram conduzidas de volta à casa de vegetação até o ponto de colheita. Após coletadas, as sementes foram enviadas ao laboratório para a realização da seguinte análise:

Incidência de *Cercospora kikuchii*: foi utilizado o método do papel de filtro (*Blotter test*) (Brasil, 2009). Utilizou-se 200 sementes por tratamento, divididas em 10 caixas plásticas do tipo gerbox, com 20 sementes cada. As sementes foram colocadas sobre 4 folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada e auto clavada. Dessa forma, as sementes foram incubadas durante sete dias em câmara com temperatura controlada de 20 ± 2 °C, sob luz fluorescente branca. Ao final dos sete dias, com o auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio óptico, foi avaliada a incidência de *C. kikuchii*, expressa em porcentagem.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 7 (cultivares) \times 3 (volumes de precipitação), com quatro repetições. Os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade e homoscedasticidade, utilizando-se os testes de Shapiro-Wilk e de Hartley, respectivamente, os quais indicaram a necessidade de transformação dos dados de incidência de *C. kikuchii* para raiz quadrada de $x+0,5$. Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. As análises foram executadas por meio do programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

Foi observada a incidência do fungo *C. kikuchii* em todas as cultivares (Tabela 2). No tratamento controle (0 mm), as cultivares BRS 1010 IPRO e NA 5909 RR foram as que apresentaram os maiores valores de incidência de *C. kikuchii*, com 19,5% e 20,2%, respectivamente. Desta forma, constata-se que mesmo no tratamento sem a simulação de precipitação na fase de pré-colheita as cultivares já apresentaram diferenças na incidência do patógeno estudado.

Com a aplicação da precipitação de 54 mm, as maiores porcentagens de *C. kikuchii* foram observadas nas cultivares BRS 1010 IPRO e NA 5909 RR, similar ao verificado no tratamento controle (Tabela 2). Enquanto que na precipitação de 162 mm, as cultivares BRS 1010 IPRO, BRS 284 e NA 5909 RR foram as que apresentaram as maiores incidências. Além disso, destaca-se que em todas as precipitações os menores valores foram observados nas cultivares BRSMT Pintado e BRS Jiripoca, com incidência do patógeno de 1,7% e 2,4%, respectivamente (considerando as médias das incidências das três precipitações – 0, 54 e 162 mm).

Avaliando o efeito das precipitações sobre as cultivares, observou-se que maiores volumes de precipitação em pré-colheita proporcionaram o aumento na incidência deste patógeno somente nas cultivares BRS 1010 IPRO, BRS 284 e NA 5909 RR. É importante destacar que as precipitações utilizadas, máximas e mínimas, foram correspondentes às médias anuais históricas observadas no período de pré-colheita para as principais regiões produtoras de soja do Brasil (INPE, 2017).

Os resultados obtidos no presente estudo possivelmente são devido a diferenças genéticas e de resistência entre as cultivares de soja estudadas. Além disso, salienta-se que, estudos adicionais estão sendo realizados nessa linha de pesquisa a fim de melhor compreender os resultados observados.

Tabela 2. Incidência de *Cercospora kikuchii* em sementes de cultivares de soja submetidas a diferentes volumes de precipitações simuladas em pré-colheita.

Cultivar	<i>Cercospora kikuchii</i> (%)		
	-----Precipitações-----		
	0 mm	54 mm	162 mm
BRS 1010 IPRO	19,5 Ca	21,2 Cb	25,7 Dc
BRS 284	15,6 Ba	17,8 Bb	22,7 Dc
NA 5909 RR	20,2 Ca	23,2 Cb	24,5 Dc
BRSMG 752S	11,7 Ba	10,5 Ba	13,1 Ca
BRSMT Pintado	1,7 Aa	1,8 Aa	1,6 Aa
BRS Jiripoca	1,6 Aa	2,3 Aa	3,2 Aa
M8210 IPRO	14,0 Bb	9,5 Ba	7,3 Ba

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Conclusão

As cultivares apresentam diferenças na incidência do fungo *Cercospora kikuchii*, nas condições sem ou com simulação de diferentes volumes de precipitações na fase de pré-colheita; o que possivelmente está relacionado a diferenças genéticas entre os materiais avaliados.

O aumento dos volumes de precipitação proporciona maiores incidências deste patógeno nas cultivares BRS 1010 IPRO, BRS 284 e NA 5909 RR.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análise sanitária de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 200 p.

BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; ZUCARELI, C.; MEDRI, C.; MERTZ-HENNING, L. M.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, F. A. Structural analysis of soybean pods and seeds subjected to weathering deterioration in pre-harvest. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, e02697, 2022. 10 p. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02697.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 83 p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

HENNING, A. A. **Patologia de sementes**: noções gerais. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 264).

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento Brasil**. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em: 13 fev. 2017.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

PINHEIRO, D. T.; DIAS, D. C. F. S.; MEDEIROS, A. D.; RIBEIRO, J. P. O.; SILVA, F. L.; SILVA, L. J. Weathering deterioration in pre-harvest of soybean seeds: physiological, physical, and morpho-anatomical changes. **Scientia Agricola**, v. 78, e20200166, 2021. DOI: 10.1590/1678-992X-2020-0166.

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 Cooperative Extension Service, 1997. 21 p. (Special Report, 53).

SHU, Y.; ZHOU, Y.; MU, K.; HU, H.; CHEN, M.; HE, Q.; HUANG, S.; MA, H.; YU, X. A transcriptomic analysis reveals soybean seed pre-harvest deterioration resistance pathways under high temperature and humidity stress. **Genome**, v. 63, n. 2, p. 115-124, 2020. DOI: 10.1139/gen-2019-0094.

Identificação de díptero predador de esporos de *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem-asiática da soja)

DAIKOHARA, C. S.¹, RODRIGUES, A. R.², BUENO, A. de F.³, SEIXAS, C. D. S.³

¹UEL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, camila.daikohara@colaborador.embrapa.br; ²Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ; ³Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A ferrugem-asiática é causada por *Phakopsora pachyrhizi*, um fungo biotrófico, que, portanto, depende da presença de tecidos vivos para sobreviver e se multiplicar (Furlan, 2005). Esse patógeno vem causando prejuízo para os produtores rurais, tanto pelo custo com o controle, quanto pelas perdas de produtividade. Há relatos de perdas na produtividade da soja entre 10% a 90%, por causa da ocorrência dessa doença (Hartman et al., 2015).

Os sintomas são observados principalmente nas folhas e iniciam como pontos minúsculos mais escuros que o tecido foliar sadio. Na face abaxial podem ser observadas as urédias e os uredosporos (estruturas reprodutivas do fungo). Com o tempo, o tecido ao redor das urédias adquire coloração castanho-clara a castanho-avermelhada, evoluindo para amarelecimento e queda das folhas. Dependendo da época de incidência da doença em relação ao estágio de desenvolvimento das plantas, a desfolha pode acarretar em perdas significativas de produtividade. Também pode ocorrer má formação de vagens e grãos (Henning et al., 2014; Hartman et al., 2015; Godoy et al., 2016).

Entre as estratégias de manejo está o controle químico. Porém, populações do fungo menos sensíveis/resistentes aos principais fungicidas sítio-específicos utilizados já foram detectadas (Schmitz et al., 2014; Simões et al., 2018). Portanto, é importante que outras estratégias de controle sejam disponibilizadas para auxiliar no manejo da doença. Entre elas, o controle biológico, que já vem sendo empregado para outros patógenos, pode ser uma opção vantajosa.

Em plantas de soja com sintomas de ferrugem-asiática, em campo e em casa de vegetação, foram observadas larvas se alimentando de esporos do fungo. Corrêa-Ferreira et al. (2006) relataram essa ocorrência como sendo de insetos da família Cecidomyiidae (Diptera). Cecidomyiidae é a sexta maior família de Diptera, com mais de 6.650 espécies descritas, formada por mosquitos delicados com larvas que apresentam hábitos alimentares variados (Gagné; Jaschhof, 2021). Muitas espécies de cecidomyídeos são importantes agentes de controle biológico. Larvas galhadoras e predadoras são utilizadas no controle de plantas indesejáveis (ervas daninhas) e de outros artrópodes nocivos à agricultura (principalmente cochonilhas), respectivamente (Gagné, 1994). Larvas fungívoras já vêm sendo usadas, também, como indicadores das condições do solo (Mamaev, 1968).

O objetivo deste trabalho foi identificar esse inseto que se alimenta de esporos, como etapa anterior aos estudos para verificar o potencial de uso para controle biológico do fungo causador da ferrugem-asiática.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Embrapa Soja, em Londrina, PR e no Museu Nacional / Universidade Federal do Rio de Janeiro (MNRJ).

Em plantas infectadas por *Phakopsora pachyrhizi*, mantidas em casas de vegetação, na Embrapa Soja, foram feitas coletas de folhas de *Glycine max* (L.) Merr. (Fabaceae) com sintomas da ferrugem-asiática e levadas para o laboratório. As folhas foram analisadas com auxílio de microscópio estereoscópico, para verificar a presença das larvas do inseto.

Obtenção das fases do inseto

Várias estratégias foram testadas para obtenção de todas as fases do inseto:

- 1) Folíolos de soja, com sintomas da ferrugem-asiática e com a presença de larvas, foram separados e dispostos com a face abaxial para cima, em caixas gerbox (120 mm x 35 mm). Os gerbox foram mantidos em temperatura ambiente.

2) Estratégia semelhante à primeira, mas adicionando uma fina camada de ágar-água (2%) no fundo das caixas gerbox.

3) Em frascos de vidro (1 L) foram colocados chumaços de algodão umedecidos com água esterilizada no fundo e inseridas folhas de soja (com sintomas da ferrugem-asiática e larvas). Os frascos foram tampados com tela (NYTAL 13p100) e mantidos em temperatura ambiente.

4) Semelhante à terceira estratégia, porém as larvas foram coletadas das folhas e colocadas diretamente sobre o algodão umedecido.

Uma vez coletados/obtidos larva, pupa e adulto, os mesmos foram colocados em frascos com álcool 70% e enviados ao Laboratório de Díptera Neotropicais do Museu Nacional / Universidade Federal do Rio de Janeiro, para os estudos taxonômicos.

Uma vez definida a estratégia mais adequada para obtenção do inseto, foram feitas novas tentativas de criação, para fazer os testes que permitissem verificar o potencial do inseto como agente de biocontrole do fungo causador da ferrugem-asiática.

Montagem e identificação do inseto

Os Cecidomyiidae enviados para a identificação foram montados em lâminas permanentes de microscopia para a identificação, seguindo o método de Gagné (1994). Primeiramente os adultos, as pupas e as larvas foram clareados em solução de hidróxido de sódio a 10%, depois foram submetidos a ácido acético (para neutralizar o efeito da base). Em seguida, foi feita uma desidratação alcoólica (70%, 90% e absoluto), após, os insetos foram mantidos em creosoto, para serem transferidos para o bálsamo do Canadá em lâmina de microscopia.

A identificação do gênero do inseto foi realizada utilizando as chaves dicotômicas de Gagné (1994). Todos os espécimes montados foram depositados na Coleção de Cecidomyiidae do Museu Nacional do Rio de Janeiro.

Resultados e Discussão

Obtenção das fases do inseto

A estratégia que se mostrou mais adequada e permitiu a obtenção das outras fases (pupa e adulto) do inseto foi aquela em que se utilizou os frascos de vidro e que as larvas foram colocadas diretamente sobre o algodão umedecido (quarta estratégia). Nas primeiras três estratégias, em que as folhas foram colocadas nos recipientes, as mesmas murcharam e fungos saprófitas cresceram sobre as mesmas, não havendo tempo hábil para a formação das outras fases do inseto.

Durante os meses de dezembro/2021, janeiro e fevereiro/2022, as larvas foram encontradas com certa facilidade em plantas de soja, com sintomas da ferrugem-asiática, em casa de vegetação (Figura 1). A partir de março/2022 a frequência das larvas diminuiu drasticamente, o que dificultou a criação do inseto para testes com o fungo causador da ferrugem-asiática. Isso pode ter acontecido por algum fator ambiental desfavorável à sobrevivência do inseto, apesar das plantas estarem em casa de vegetação, ou essa pode ser uma espécie univoltina (condição de espécie de insetos com apenas uma geração por ano). Uma outra possibilidade é que fungos, comumente encontrados parasitando as estruturas reprodutivas de *P. pachyrhizi*, podem ter afetado a disponibilidade de esporos para o inseto, que então teve a população reduzida. Um estudo mais prolongado, em campo e em casa de vegetação, é necessário para determinar o motivo correto da redução da ocorrência do inseto micófago.

Em plantas remanescentes em área de soja, em campo, foram encontradas larvas e foi possível a obtenção de adultos, porém não observou-se oviposição e assim, não foram obtidas novas gerações do inseto, impossibilitando os testes para verificação do potencial de biocontrole.

Foto: Camila S. Daikohara



Figura 1. Larvas do inseto micófago sobre estruturas reprodutivas de *Phakopsora pachyrhizi* em folíolo de soja.

Identificação do inseto

O inseto (Figura 2) foi identificado como pertencente ao gênero *Mycodiplosis* Rübsaamen, 1895 (Cecidomyiidae, Mycodiplosini). Esse gênero apresenta 48 espécies descritas, todas com hábitos micófagos, principalmente em ferrugens, oídios e míldios. O gênero está distribuído por todas as regiões biogeográficas, sendo que quatro espécies têm ocorrência na região neotropical [*M. australis* (Brèthes, 1914), *M. cylindrica* Gagné, 1987, *M. lingulata* Gagné, 1984 e *M. rubida* (Felt, 1911)].

Fotos: Alene R. Rodrigues.



Figura 2. Pupas (à esquerda) e adultos (macho no centro e fêmea à direita) de *Mycodiplosis* sp.

Insetos desse gênero já foram observados se alimentando de esporos de outros fungos causadores de ferrugens (Henk et al., 2011). No Brasil, há apenas ocorrência de *M. rubida*, que também apresenta registro em Guadalupe, Jamaica, São Vicente e Havaí, em *Uromyces pisi*; *Arthrobotrys* sp., *Colletotrichum* sp., *Nigrospora* sp., *Phytophthora* sp., *Puccinia* sp., (Uredinales). Anteriormente, mais precisamente no ano de 1985, somente *M. glycyrrhizae* Fedotova tinha sido registrada se alimentando de fungos em uma espécie de Fabaceae (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch.), porém no Cazaquistão (Gagné; Jaschhof, 2021).

Conclusão

Mycodiplosis é o gênero do inseto micófago que se alimenta de esporos de *P. pachyrhizi*. Estudos complementares estão sendo realizados para determinar a espécie do micófago. A identificação do gênero possibilitará melhor adequação da criação do inseto, de maneira que seja possível realizar testes em condições controladas, para verificar o potencial do mesmo como agente de biocontrole do fungo causador da ferrugem-asiática da soja.

Referências

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; NONINO, M. C.; YORINORI, J. T. Primeiro registro de Diptero Cecidomyiidae predando esporos do fungo da ferrugem da soja, no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 21., 2006, Recife. **Entomologia**: da academia à transferência de tecnologia: resumos. Recife: SEB: UFRPE, 2006. 1 CD-ROM. Resumo n. 378-1.

FURLAN, S. H. Impacto, diagnose e manejo da ferrugem asiática da soja no Brasil. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO - GRÃOS, 11.; ENCONTRO DE FITOSSANIDADE DE PLANTIO DIRETO NA PALHA DO CLUBE AMIGOS DA TERRA DE AGUAÍ, 1., 2005, Aguaí. **Anais...** Aguaí: Instituto Biológico, 2005. p. 31-32. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/rifib/XI_RIFIB/furlan.PDF. Acesso em: 01 jun. 2022.

GAGNÉ, R. J. **The gall midges of the Neotropical region**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 352 p.

GAGNÉ, R. J.; JASCHHOF, M. **A catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the world**. 5th ed. Washington: Systematic Entomology Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, 2021. 813 p.

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**, v. 51, n. 5, p. 407-421, 2016.

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**. 5th ed. Saint Paul: APS Press, 2015. p. 56-59.

HENK, D. A.; FARR, D. F.; AIME, M. C. *Mycodiplosis* (Diptera) infestation of rust fungi is frequent, wide spread and possibly host specific. **Fungal Ecology**, v. 4, p. 284-289, 2011.

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**. 5. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 76 p. (Embrapa Soja. Documentos, 256).

MAMAEV, B. M. **Evolution of gall forming insects- gall midges**. Leningrad: Akademia Nauk, 1968. 235 p. Em russo. Tradução para o inglês publicada em 1975. Boston Spa: British Library, 1975. 316 p.

SCHMITZ, H. K.; MEDEIROS, A. C.; CRAIG, I. R.; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-ouster-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 7, p. 378-388, 2014.

SIMÕES, K.; HAWLIK, A.; REHFUS, A.; GAVA, F.; STAMMLER, G. First detection of a SDHI variant with reduced SDHI sensitivity in *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, p. 21-27, 2018. DOI: 10.1007/s41348-017-0117-5.

Suscetibilidade de *Rachiplusia nu* resistente a proteína Cry1Ac a produtos comerciais a base de *Bacillus thuringiensis*

PESSOA, A. C. W. F.¹; SOSA-GÓMEZ, D. R.²

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, annawilcken83@gmail.com; ²Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Atualmente, no Brasil, a soja Bt que expressa a proteína Cry1Ac ocupa aproximadamente 80% da área com esta cultura, a que corresponde a 32 milhões de ha. Portanto, a pressão de seleção exercida sobre diversas populações de insetos é considerável. Assim, na tentativa de prever problemas, esforços foram dispendidos sobre as espécies que potencialmente poderiam desenvolver resistência a Cry1Ac, como *Chrysodexis includens*, *Helicoverpa armigera* (Dourado et al., 2016; Yano et al., 2016) sem considerar a *Rachiplusia nu*, de importância secundária no Brasil. *Rachiplusia nu* ocorria com maior frequência na Argentina (Barrionuevo et al., 2012) e nos estados do sul do Brasil, principalmente Rio Grande do Sul e sul do Paraná (Specht; Corseuil, 2002; Sosa-Gómez, observação pessoal). Entretanto, populações de *R. nu* tem experimentado um incremento gradual de suas densidades durante a primavera, verão e outono a partir da safra 2019/20 e em áreas que sua presença constante não era relatada, como nos estados de Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo (Horikoshi et al., 2021; Nardon et al., 2021). Nestes estados foram relatadas densidades anormalmente elevadas, mas que ainda não chegaram a provocar danos econômicos generalizados. Sua ocorrência elevada em soja que expressa a proteína Cry1Ac sugere que seus níveis de resistência a essa proteína são elevados.

Portanto, uma vez que as lagartas podem se alimentar, desenvolver e reproduzir quando alimentadas das cultivares Cry1Ac é interessante determinar sua suscetibilidade a produtos contendo *Bacillus thuringiensis*.

Material e Métodos

Insetos

Os insetos foram coletados na fazenda da Embrapa Soja, Município de Londrina, Estado do Paraná, utilizando dois métodos, a coleta de lagartas pelo método do pano de amostragem e adultos utilizando armadilhas luminosas. Os insetos coletados foram levados ao laboratório, os adultos foram mantidos em gaiolas de oviposição e as lagartas mantidas em dieta natural (BRS 1003IPRO e BRS1061IPRO, cultivares de soja que expressam Cry1Ac). Uma vez obtidas a primeira e segunda geração em laboratório foram montados bioensaios com lagartas em início do terceiro instar.

Bioensaios. Os produtos à base de *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (Btk) [BtControl SC (linhagem HD1, CCT 1306, 7% m/v; Dipel SC (linhagem HD 1, 33,60 g.L⁻¹)] e *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* (Bta) [Xentari GD (54% m/m)] foram incorporados a dieta de Greene et al. (1976) modificada por Hoffmann-Campo et al. (1985), quando a dieta se encontrava no processo de esfriamento a 49 °C. As diluições utilizadas do BtControl, Dipel Sc e Xentari em µg.ml⁻¹ foram: 60; 30; 15; 7,5; 3,75; 1,87 e controle: 0 µg.ml⁻¹. As lagartas foram distribuídas em grupos de três indivíduos por recipiente de 50 mL, totalizando 30 insetos por concentração e 210 insetos em cada tratamento. A alimentação com a dieta contendo os bioinseticidas foi realizada durante 96 h e após este período as sobreviventes foram transferidas para dieta sem as formulações de bactérias. Os insetos foram mantidos em câmaras com controle de temperatura (26±1,5 °C), fotofase de 14 h e umidade (75±10 %). A mortalidade dos insetos com sintomas de intoxicação foi registrada após 48 h de inoculadas.

Análise dos dados. Os dados de mortalidade foram analisados com o programa PoloPlus (LeOra Software, 2002) aplicando os modelos de Probit para determinar a concentração letal média e o modelo logit para determinar a concentração letal 95.

Resultados e Discussão

As mortalidades obtidas após 48 h com as maiores concentrações (30 e 60 μg de i.a. mL^{-1}) dos produtos à base de Btk não foram superiores a 30% (Figura 1) não permitindo o cálculo da concentração letal média (CL₅₀). Entretanto, as lagartas testadas com Bta provocaram mortalidades de 86,7 e 96,7 % para a maiores doses respectivamente (Figura 1).

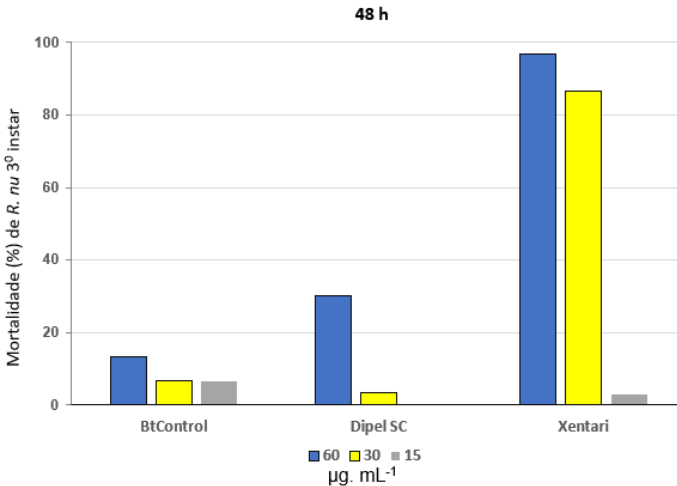


Figura 1. Mortalidade (%) de *Rachiplusia nu* em 3º instar após 48 h da inoculação com *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (BtControl e Dipel SC) e *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* (Xentari) em diferentes concentrações.

A CL₅₀ estimada para Bta foi de 2,76 μg de i.a. mL de dieta⁻¹, com intervalos de confiança ($P = 0,95$) entre 1,24 e 4,38. A inclinação estimada foi de $1,16 \pm 0,22$. O valor de χ^2 foi 2,12; portanto não significativo, indicando o ajuste ao modelo de probit. O valor de CL₉₅ estimado por meio do modelo logit foi de 89,86 (IC 0,95 = 39,44 – 547,42).

Após 96h da inoculação a mortalidade nas três maiores concentrações utilizadas foi de 100 % nas lagartas inoculadas com Xentari, entre 83 e 97 com Dipel e entre 17 e 60% nas inoculadas com BtControl (Figura 2). A comparação dos pesos das pupas de 24 h não indicou diferenças significativas entre o tratamento com BtControl (179 mg) e a testemunha (162 mg) (teste t, $P = 0,176$).

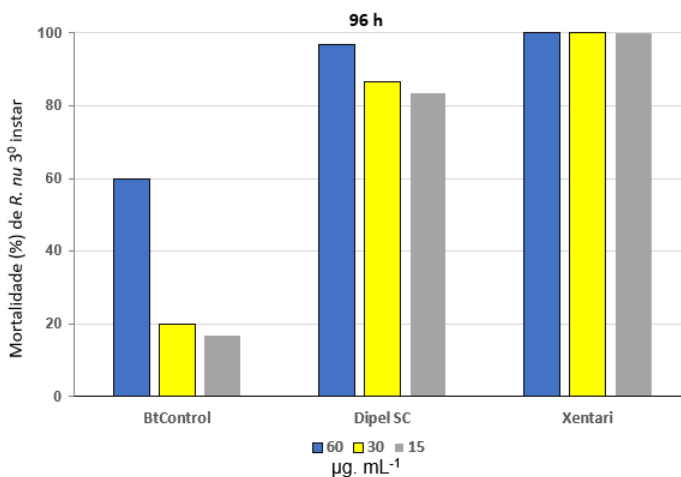


Figura 2. Mortalidade (%) de *Rachiplusia nu* em 3º instar após 96 h da inoculação com *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (BtControl e Dipel SC) e *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* (Xentari) em diferentes concentrações.

A maior suscetibilidade de *R. nu* Cry1Ac resistente a *Bta* pode ser devida a composição de toxinas presentes nesta cepa. A Btk cepa ABTS 351 produz 22% de Cry2Aa/2Ab, 23% de Cry1Ac; 39% de Cry1Ab; 15% de Cry1Aa, por outro lado Bta (ABTS-1857) produz 53% de Cry1Ab; 21% de Cry1Aa; 20% de Cry1C e 6% de Cry1D (Valent Bioscience, <https://www.valentbiosciences.com/cropprotection/products/xentari/>), portanto é provável que a maior atividade desta última cepa seja devida a presença das proteínas Cry1C e /ou Cry1D.

Considerando a reduzida atividade das cepas *Btk* infere-se que não devem ser utilizadas no controle das populações de *R. nu*. Embora *Bta* apresente maior atividade, com CL₅₀ reduzida a recomendação de seu uso em campo deve ser realizada após feitos testes de eficácia nessas condições.

Conclusão

A população de *Rachiplusia nu* resistente a proteína Cry1Ac apresentou reduzida suscetibilidade a cepa HD1 de *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* quando comparada a cepa de *B. thuringiensis* subsp. *aizawai*.

Referências

- BARRIONUEVO, M. J.; MURÚA, M. G.; GOANE, G.; MEAGHER, R.; NAVARRO, F. Life Table studies of *Rachiplusia nu* (Guenée) and *Chrysodeixis (= Pseudoplusia) includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) on artificial diet. **Florida Entomologist**, v. 95, n. 4, p. 944-951, 2012. DOI: 10.1653/024.095.0419.
- DOURADO, P. M.; BACALHAU, F. B.; AMADO, D.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. High susceptibility to Cry1Ac and low resistance allele frequency reduce the risk of resistance of *Helicoverpa armigera* to Bt soybean in Brazil. **PLoS One**, v. 11, n. 10, e0165142, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0165142.
- GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, p. 487-488, 1976.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; OLIVEIRA, E. B. de; MOSCARDI, F. **Criação massal da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatilis*)**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1985. 23 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 10).
- HORIKOSHI, R. J.; DOURADO P. M.; BERGER G. U.; FERNANDES, D. S.; OMOTO C.; WILLSE, A.; MARTINELLI S.; HEAD, G.; CORRÊA, A. S. Large-scale assessment of lepidopteran soybean pests and efficacy of Cry1Ac soybean in Brazil. **Scientific Reports**, v. 11, e15956, 2021.
- LEORA SOFTWARE. **Polo Plus, a user guide to probit or logit analysis**. Berkeley, CA: LeOra Software, 2002.
- NARDON, A. C.; MATHIONI, S. M.; SANTOS, L. V. dos; ROSA, D. D. Primeiro registro de *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae) sobrevivendo em soja Bt no Brasil. **Entomological Communications**, v. 3, ec03028, 2021. DOI: 10.37486/2675-1305.ec03028.
- SPECHT, A.; CORSEUIL, E. Diversidade dos noctuídeos (Lepidoptera, Noctuidae) em Salvador do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, supl. 1, p. 281-298, 2002.
- YANO, S. A. C.; SPECHT, A.; MOSCARDI, F.; CARVALHO, R. A.; DOURADO, P. M.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; SOSA-GÓMEZ, D. R. High susceptibility and low resistance allele frequency of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) field populations to Cry1Ac in Brazil. **Pest Management Science**, v. 72, n. 8, p. 1578-1584, 2016.

Comparativo das normais climatológicas das áreas experimentais da Embrapa Soja e do IDR-PR, município de Londrina, PR

SILVA, B. M. da¹; CRUSIOL, L. G. T.²; SIBALDELLI, R. N. R.³; FARIAS, J. R. B.³

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, bruna.maia@colaborador.embrapa.br;

²Pesquisador Visitante, Embrapa Soja, Londrina, PR; ³Embrapa Soja, Londrina, PR

Introdução

É de conhecimento geral que o clima é influenciado pela quantidade de radiação solar que atinge o solo, pela temperatura e umidade no ar, e pelo volume de precipitação pluviométrica, sendo definido como a síntese das condições atmosféricas em uma determinada área durante um período de 30 anos (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

De acordo com Farias et al. (2021), a caracterização climática de uma determinada região auxilia para uma melhor interpretação dos fatores correlacionados à produção agrícola. Tratando de uma fazenda agrícola e experimental com diversas culturas, caracterizar o microclima é de suma importância, pois ele pode determinar áreas mais adequadas para cada cultura e ensaio e as condições de desenvolvimento das plantas, facilitando assim o manejo de cada uma e permitindo melhor compreensão dos resultados obtidos. O clima é um fator de grande relevância e impacto quando se fala de atividades agropecuárias. Devido à sua variabilidade, pode ser causador do fracasso ou do sucesso das safras, interferindo diretamente na oferta do produto, nos preços no mercado e nas tomadas de decisão da cadeia produtiva, com reflexos significativos à toda sociedade.

A estação meteorológica é uma parte muito importante no campo da agrometeorologia. Ao coletar dados sobre o clima, pode-se compreender melhor os efeitos sobre plantas e animais. A coleta de informações climáticas na estação meteorológica inclui informações de temperatura e umidade do ar, pressão atmosférica, precipitação pluviométrica, velocidade e direção do vento e radiação solar. Tendo em vista que as culturas agrícolas, para se desenvolverem, necessitam de disponibilidade hídrica, temperatura e fotoperíodo, tais elementos climáticos impactam diretamente sua produtividade.

A normal climatológica é a média de uma variável meteorológica calculada num período mínimo de 30 anos. Para que esse cálculo seja representativo, a estação climatológica precisa ter uma operação diária e regular, sem períodos muito grandes de falhas nos dados. Estação climatológica é o nome dado a uma estação meteorológica que funcione há pelo menos 30 anos, atendendo a esses critérios de qualidade, consistência e constância.

As análises das normais climatológicas da Embrapa Soja e do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR), ambas no município de Londrina, PR, podem subsidiar, por exemplo, um plano climático para a produção sustentável de soja e milho em propriedades agrícolas da região. O objetivo deste plano é garantir um cultivo rentável, adaptado às variáveis meteorológicas com base em períodos com condições predominantemente favoráveis, otimizando o uso dos recursos naturais, minimizando os riscos às lavouras e o impacto ambiental.

Segundo Farias et al. (2021), a classificação climática de Köppen para o município de Londrina é de clima subtropical úmido, com temperatura do ar média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura do ar média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com concentrações de chuvas no verão, mas sem estação de seca definida. Contudo, pode haver variações climáticas dentro de um mesmo município, interferindo na produção agrícola. Então, o objetivo deste trabalho foi comparar as normais climatológicas dos principais elementos climáticos observados nas estações meteorológicas da Fazenda da Embrapa Soja e os obtidos na área do IDR-PR, ambas localizadas no município de Londrina, PR.

Material e Métodos

Foram comparadas as normais climatológicas da Embrapa Soja, disponível em Farias et al. (2021), e do IDR-PR, disponível em IDR-PR (2022).

A Estação meteorológica da Fazenda da Embrapa Soja, fica localizada no distrito da Warta, no município de Londrina, PR, latitude: 23°11' S, longitude: 51°11' O e 630 metros de altitude, com série climática sendo coletada ininterruptamente desde 1991. A Estação meteorológica do IDR-PR, fica localizada no município de Londrina, PR, localizada na latitude: 23°22' S, longitude:

51°10' O e altitude de 585 metros, operando desde 1972. No presente trabalho foram analisadas e comparadas as seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica.

Resultados e Discussão

Temperatura do ar

As temperaturas média, máxima e mínima do ar e a amplitude térmica estão entre os parâmetros climáticos mais importantes. Eles podem ser usados para determinar a adequação de diferentes áreas para habitação humana ou atividades agrícolas. Além disso, podem ainda também fornecer informações e tendências sobre as variabilidades e mudanças climáticas regionais ao longo do tempo.

Não foram verificadas diferenças acentuadas entre os regimes térmicos observados na Embrapa Soja e no IDR-PR, ambos obtidos em estações agrometeorológicas instaladas em Londrina, PR. De acordo com a normal climatológica disponibilizada do IDR-PR, a temperatura do ar média anual é de 21,2°C, sendo junho e julho os meses mais frios, com média de 17°C, e o mês mais quente fevereiro, com 24°C. Na Embrapa Soja a temperatura média anual é de 21,3°C, sendo julho o mês mais frio com 17,6°C, e fevereiro e dezembro os meses mais quentes com 23,6°C.

Referente às médias das temperaturas do ar mínimas, os registros realizados pelo IDR-PR apresentam nos meses de janeiro e fevereiro os maiores valores (19,7°C) e o menor valor no mês de julho com 11,7°C. Também na Embrapa Soja, o maior valor das médias das temperaturas mínimas é apresentado nos meses de janeiro e fevereiro com 19,7°C, e o mês de julho sendo o de menor valor com 12,9°C.

Tratando das médias das temperaturas do ar máximas, pode-se observar que, no IDR-PR, o maior valor foi registrado no mês de fevereiro com 29,8°C e o menor em junho (23,1°C). Já na Embrapa Soja, o registro com maior valor de médias das temperaturas máximas foi no mês de fevereiro e dezembro com 29,0°C e o mês de junho sendo o de menor valor com 22,5°C.

Com relação a temperatura do ar mínima absoluta verificada no IDR-PR, foi documentado que, em julho de 2000, esta chegou a $-1,3^{\circ}\text{C}$ e, em comparativo com a Embrapa Soja, as mínimas absolutas ocorreram nos meses de junho e julho de 1994, com temperatura registrada de $-1,0^{\circ}\text{C}$.

Quando se fala de temperaturas do ar máximas absolutas, os registros do IDR-PR mostram que em novembro de 1985 a temperatura chegou a $39,2^{\circ}\text{C}$, e na Embrapa Soja a temperatura do ar máxima absoluta foi registrada em outubro de 2020, atingindo $38,8^{\circ}\text{C}$.

Com relação à normal climatológica da Embrapa Soja, Farias et al. (2021) destacam que a temperatura média do ar, referente a coleta de dados diários dos últimos 30 anos, teve uma leve tendência de acréscimo da temperatura média, não muito significativo. O acréscimo estimado foi pouco acima de 0,15% ao ano, com valores médios anuais da temperatura do ar mais elevados em 2002 e mais baixos em 1992.

Relatam também que a média anual das temperaturas máximas teve um acréscimo um pouco acima de 0,1% ao ano, com maiores valores observados nos anos de 2002 e 2019. Sobre a média anual da temperatura mínima do ar registrada, houve um ajuste linear por meio de regressão linear, porém não foi significativa. Foi observado um leve acréscimo ao longo dos 30 anos, ao redor de 0,014% ao ano, com menores valores nos anos de 2008 e 2012.

Umidade relativa do ar

De acordo com Silva et al. (2007), a umidade relativa do ar é uma medida da concentração de vapor d'água na atmosfera, dependente dos valores de temperatura do ar e expressa em porcentagem. Quando os valores de umidade relativa do ar são altos, normalmente são condizentes com períodos de condensação, períodos de chuva.

O registro da média anual da umidade relativa do ar foi de 76,2% na Embrapa Soja e 70,5% no IDR-PR. A média entre as duas localidades apresentou uma diferença média ao redor de 5,7%, o que pode ser atribuída às diferenças existentes entre as regiões de localização das estações agrometeorológica.

Precipitação pluviométrica (mm)

Conforme Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a precipitação é definida como a queda de água líquida da atmosfera; gotas de água que caem pelo ar e se tornam gotas de chuva. Existem três tipos principais de chuva: chuva, neve e granizo. O granizo é a forma mais pesada de precipitação, que cai do céu como esferas de gelo com mais ou menos duas polegadas de diâmetro. A chuva é o tipo mais comum de precipitação (precipitação pluviométrica) e cai do céu de forma sincopada. Tem em média cerca de 0,5 polegada de diâmetro e cai de forma constante por certo intervalo de tempo. A neve é a forma úmida e pesada de precipitação e cai do céu como flocos macios.

Na comparação das normais climatológicas observadas na Embrapa Soja e no IDR-PR, a precipitação pluviométrica é o elemento climático com maior diferenciação.

Falando-se em valores comparativos de precipitação pluviométrica, os registros do IDR-PR foram de 1.632 mm acumulados anualmente, com sua distribuição em 122 dias de chuva, e valores máximos acumulados em 24 horas de 232,8 mm, verificados no mês de janeiro de 2016. Em relação à Embrapa Soja a sua normal climatológica para esta variável foi de 1.412,3 mm anuais, com 128 dias com chuva e sua máxima em 24 horas de 209,4 mm ocorrida em junho de 2012, o que representa aproximadamente 220 mm acumulados anualmente a menos em comparação ao observado no IDR-PR.

Referente ao mês com mais dias de chuva, tanto para o IDR-PR quanto para a Embrapa Soja é o mês de janeiro, sendo o IDR-PR contando com 16 dias e a Embrapa Soja com 17 dias de chuva.

Quando se fala em período mais chuvoso, também é o mês de janeiro tanto para IDR-PR quanto para a Embrapa Soja. A média de precipitação acumulada do mês de janeiro para o IDR-PR foi de 223,9 mm e para a Embrapa Soja foi de 209,4 mm.

Observa-se que, tanto no IDR-PR quanto na Embrapa Soja, o mês com menor volume de precipitação pluviométrica foi o mês de agosto. O valor referente a agosto no IDR-PR é de 54,1 mm. Na Embrapa Soja o valor encontrado fica em 47,8 mm.

Conclusão

Neste trabalho foram comparadas as normais climatológicas da Embrapa Soja e do IDR-PR. Lembrando que, as duas ficam localizadas no mesmo município, com distância em linha reta aproximada de 18,4 km. Mesmo sendo localizadas no mesmo município, foi possível observar diferenças entre elas, principalmente com relação ao volume e distribuição das chuvas. Isso demonstra a necessidade do monitoramento agrometeorológico o mais perto possível das áreas de interesse e, também, de maior número de estações meteorológicas para melhor caracterização do clima de uma região. Infelizmente, o Brasil ainda é carente de uma malha mais representativa de estações agrometeorológicas.

Embora a semelhança entre os valores de temperatura do ar observados na Embrapa Soja e no IDR-PR, a maior média das temperaturas máximas e menor média das temperaturas mínimas foram registradas no IDR-PR. Além disso, os valores absolutos de temperaturas máximas e mínimas no IDR-PR mostraram-se mais extremos quando comparados aos da Embrapa Soja. Em relação aos valores de precipitação pluviométrica o IDR-PR apresenta média anual aproximadamente 15% superior ao verificado na Embrapa Soja.

Por fim, considerando a importância da normal climatológica, destaca-se que, quando consideradas em conjunto, pode-se chegar a uma maior eficácia na atividade agrícola, acarretando um melhor desempenho na safra e na interpretação dos resultados da experimentação agrícola.

Referências

FARIAS, J. R. B.; SIBALDELLI, R. N. R.; GONCALVES, S. L. **Caracterização e normal climatológica da fazenda experimental da Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 439).

IDR-PR. **Estação**: Londrina, per. 1976/2019. 2022. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/medias-historicas/Londrina.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

SILVA, T. G. F.; ZONIER, S.; MOURA, M. S. B. de; SEDIYAMA, G. C.; SOUZA, L. S. B. Umidade relativa do ar: estimativa e espacialização para o Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura**: anais. Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 1 CD-ROM.

Correlação entre teor de lignina e porcentagem de deiscência em vagens de soja

FAVERO, F. R.¹; MOLINARI, M. D. C.²; MADUREIRA, A.³; HENNING, F. A.⁴; MARIN, S. R. R.⁵; KRYZANOWSKI, F. C.⁴; MERTZ-HENNING, L. M.⁴

¹UNIFIL - Centro Universitário Filadélfia, Bolsista PIBIC/CNPQ, Londrina, PR, frederico.favero@colaborador.embrapa.br; ²Bolsista Funarbe/Embrapa Soja, Londrina, PR; ³ Bolsista CAPES/Embrapa Soja, Londrina, PR; ⁴Pesquisador(a), Embrapa Soja; ⁵Analista, Embrapa Soja.

Introdução

A soja é uma das principais e mais importantes commodities mundiais. O Brasil se destaca por ser o maior produtor global. Na safra de 2020/2021 o país produziu 138,153 milhões de toneladas do grão (Conab, 2022). Entretanto, um fator que influencia fortemente a perda no rendimento total de grãos é a taxa de deiscência das vagens (Funatsuki et al., 2014). Embora a deiscência seja crucial na dispersão de sementes, pode causar perdas significativas no rendimento durante a pré-colheita (Funatsuki et al., 2014; Han et al., 2021). As cultivares de soja podem ter diferentes taxas de deiscência, sendo caracterizadas de tolerantes até sensíveis, de acordo com a AVRDC-Asian Vegetable Research and Development Center (Han et al., 2021). Quanto menor a taxa de deiscência, menores são as perdas pré-colheita, sendo, portanto, a taxa de deiscência um parâmetro importante para o melhoramento da cultura (Han et al., 2021).

Ao longo dos anos, diversos estudos foram conduzidos em várias espécies de plantas a fim de compreender quais propriedades das vagens influenciam na taxa de deiscência. Entre eles estão características químicas, como o teor de lignina, e características anatômicas e morfológicas das vagens. Yang et al. (1990) concluíram que a deiscência da vagem está associada ao grau de lignificação do mesocarpo em *Lotus corniculatus*. Child et al. (1998) também relataram que o aumento da lignificação na zona de deiscência aumenta a perda de frutos em *Brassica napus*. A deposição de lignina na margem valvar da vagem foi correlacionada com a transição de vagens deiscentes retas para vagens indeiscentes enroladas em algumas espécies de *Medicago* (Fourquin et al., 2013). Ainda, em estudos realizados com feijão-de-vagem (*Vigna unguiculata* L.), verificou-se a associação entre a presença elevada

dos níveis de celulose, hemicelulose e lignina com a abertura das vagens (Suanum et al., 2016).

Em soja, Zhang et al. (2018) observaram que a anatomia e a morfologia dos tecidos das vagens, bem como o teor de umidade da vagem e do ambiente, estão relacionadas ao mecanismo de deiscência na cultura. Além disso, relataram que as células da camada de fibra e a estrutura celular do mesocarpo podem desempenhar um papel importante na prevenção da deiscência. Neste estudo, os autores observaram que a parede da vagem e a extensão das camadas dos feixes dorsais esclerenquimatosos podem ser um indicador valioso da taxa de deiscência, mas apontam que outros fatores podem modificar a resposta de quebra das vagens. Sendo importante ressaltar que fatores intrínsecos de cada cultura e até cultivar podem variar no grau de importância das características da vagem que podem estar relacionadas à taxa de deiscência.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi determinar se o teor de lignina tem influência sobre a porcentagem de deiscência em vagens de soja brasileiras da espécie *Glycine max* (L.) Merrill.

Material e Métodos

Experimento em casa de vegetação

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Embrapa Soja. Foram avaliadas três cultivares de soja (cultivar J; cultivar B; cultivar Z). O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados (DBC) com 18 repetições biológicas por cultivar. Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com o fungicida Derosal Plus (Carbendazin e Thiram, na dose de 200 mL.100 kg⁻¹) e inoculadas com bactérias simbióticas (5.0 x 10⁹ CFU.mL⁻¹ de *Bradyrhizobium japonicum*, Bioagro NG®, cepas 5079 e 5080, na dose de 100 mL.50 kg⁻¹). Foram semeadas quatro sementes em vaso (10 L) em mistura solo:areia esterilizados (1:1). Um total de 72 vasos foram irrigados por gotejamento até que as plântulas atingissem o estágio reprodutivo R8 (maturação plena), de acordo com Fehr et al. (1971), quando as amostras foram coletadas para análise de deiscência e lignina.

Avaliação da deiscência

Para avaliar a deiscência, foram coletadas três repetições biológicas contendo 20 vagens por cultivar. As vagens foram coletadas em sacos selados para evitar evaporação de água do material vegetal. Em seguida, as vagens foram incubadas a 80 °C por 5 h em estufa, conforme metodologia descrita por Kang et al. (2005) e Han et al. (2019). Depois disso, o número de vagens deiscentes foi contabilizado, conforme cálculo estabelecido por Peng et al. (1991). A porcentagem de deiscência foi classificada como muito resistente (0% quebra), resistente (1% a 10%), moderadamente resistente (11% a 25%), moderadamente sensível (26% a 50%), e muito sensível (> 50%) de acordo com a AVRDC (Han et al., 2021).

Avaliação do teor de lignina

Vagens separadas das sementes foram secas em estufa a 105 °C por 24 h. A matéria seca foi moída e homogeneizada. Em seguida, foram pesados 0,3 g de amostra homogênea por cultivar para quantificação da lignina pelo método de brometo de acetila (Moreira-Vilar et al., 2014). As amostras foram quantificadas em triplicata biológica contendo 100 sementes por cultivar.

Análises estatísticas

Os dados de lignina e deiscência foram submetidos a análise de variância (ANOVA) seguida de teste Tukey ($p \leq 0,05$). A relação entre as variáveis foi quantificada através da correlação de Pearson.

Resultados e Discussão

A cultivar Z apresentou 6% menos lignina que as cultivares J e B (Figura 1A). Além disso, os dados indicam que a cultivar J e Z apresentam mesma porcentagem de deiscência ($45,83 \pm 5,20$), enquanto a cultivar B apresentou o menor nível de deiscência dentre as cultivares avaliadas ($10,00 \pm 5,00$) (Figura 1B). O elevado desvio padrão amostral para este parâmetro inviabilizou observar a diferença significativa entre a cultivar B e Z, contudo foi possível observar diferença entre as cultivares B e J. Diante destes dados,

concluimos que a cultivar B apresenta tolerância à deiscência, enquanto as cultivares J e Z apresentaram sensibilidade moderada (26% a 50%), de acordo com o estabelecido pelo AVRDC (Han et al., 2021).

Não foi observada correlação significativa (-0,34) entre teor de lignina e a porcentagem de deiscência pelo teste de Pearson.

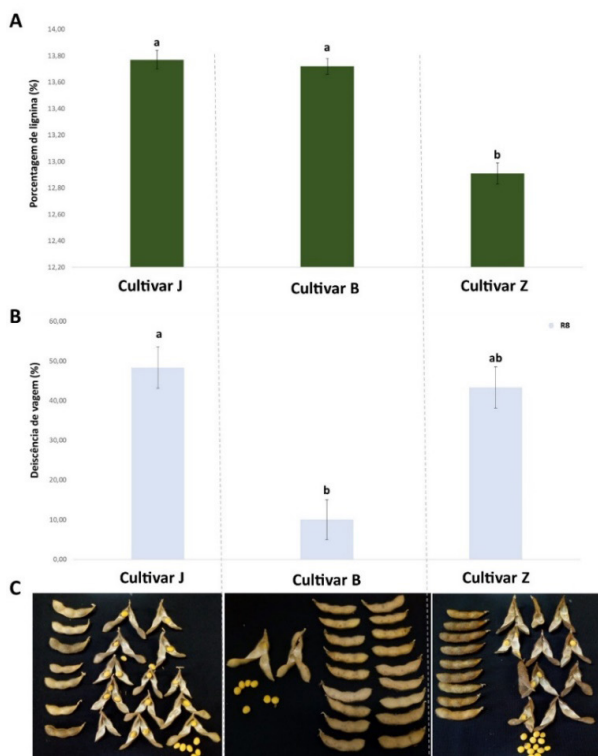


Figura 1. Porcentagem (%) de lignina nas vagens no estágio R8 das cultivares J, B e Z (A). Porcentagem de deiscência das vagens (B). Imagem das vagens deiscentes de cada cultivar (C). Letras diferentes representam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras representam o erro padrão de três repetições biológicas ($n=3$).

A deiscência das vagens é uma etapa crucial na dispersão de sementes, entretanto pode causar perdas significativas no rendimento durante a pré-colheita (Funatsuki et al., 2014). Após a secagem, as vagens podem se tornar deiscentes por inúmeros fatores. Entre eles, pela redução nas forças de ligação da parede celular e pela geração de força de deiscência (Funatsuki et al.,

2014). A perda de umidade nas vagens maduras, enfraquecem as zonas de deiscência dorsal e ventral, bem como enfraquecem a tensão entre células da camada esclerenquimática internas (Zhang et al., 2018). O mecanismo de deiscência é complexo, porque envolve cascatas gênicas, características bioquímicas e características anatômicas e morfológicas das vagens (Romkaew et al., 2008; Zhang et al., 2018).

Apesar do teor de lignina ter sido relacionado à deiscência em outras culturas em trabalhos prévios (Suanum et al., 2016), nas cultivares de soja avaliadas, essa correlação não foi significativa (Figura 1), esses dados corroboram com estudo em soja feitos por Romkaew, et al. (2008), que avaliaram a relação entre os componentes químicos da vagem de soja com a taxa de deiscência em 25 cultivares de soja, verificando que 16 cultivares apresentaram vagens sensíveis à deiscência e nove tolerantes. Após secagem ao ar por cerca de três semanas, as vagens foram moídas e analisadas quanto aos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FAD), lignina em detergente ácido (ADL), hemicelulose (HCe), celulose (Ce), ácido urônico e cálcio. A análise de regressão múltipla da relação entre a porcentagem de deiscência e o teor de componentes químicos mostrou que a deiscência foi melhor prevista pela equação de regressão com os componentes químicos HCe e Ce. Portanto, a não correlação entre deiscência e lignina em soja pode ser considerada à nível de espécie (*Glycine max*), uma vez que tanto as cultivares japonesas, analisadas por Romkaew et al. (2008), quanto as brasileiras avaliadas no presente estudo, pertencem à espécie *G. max*.

Conclusão

As cultivares de soja J e B apresentam em média 6% mais lignina em suas vagens quando comparadas a cultivar Z. Entretanto, apenas a cultivar B apresenta menor porcentagem de deiscência da vagem. Por meio do teste de correlação de Pearson, demonstra-se que não há correlação significativa entre o teor de lignina e a taxa de deiscência em vagens de soja.

Referências

- CHILD, R. D.; CHUVAUX, N.; JOHN, K.; ONCKELEN, H. V.; ULVSKOV, P. Ethylene biosynthesis in oilseed rape pods in relation to pod shatter. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 322, p. 829-838, 1998.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 9, safra 2021/2022, n. 9, nono levantamento. Brasília, DF: Conab, jun. 2022. 99 p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, v. 11, n. 6, p. 929-931, 1971.
- FOURQUIN, C.; DEL CERRO, C.; VICTORIA, F. C.; VIALETTE-GUIRAUD, A.; DE OLIVEIRA, A. C.; FERRÁNDIZ, C. A change in SHATTERPROOF protein lies at the origin of a fruit morphological novelty and a new strategy for seed dispersal in *Medicago* genus. **Plant Physiology**, v. 162, n. 2, p. 907-917, 2013.
- FUNATSUKI, H.; SUZUKI, M.; HIROSE, A.; INABA, H.; YAMADA, T.; HAJIKA, M.; FUJINO, K. Molecular basis of a shattering resistance boosting global dissemination of soybean. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 50, p. 17797-17802, 2014.
- HAN, D.; HAN, J.; JIANG, S.; SU, B.; ZHANG, B.; LIU, Z.; QIU, L. J. Shattering-resistance of an elite soybean variety 'Heihe 43' and identification of shattering-resistant genes. **Euphytica**, v. 217, n. 6, e120, 2021.
- HAN, J.; HAN, D.; GUO, Y.; YAN, H.; WEI, Z.; TIAN, Y.; QIU, L. QTL mapping pod shattering resistance in soybean (*Glycine max* L. Merr.) using specific locus amplified fragment sequencing. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 132, n. 8, p. 2253-2272, 2019.
- KANG, S. T.; KIM, H. K.; BAEK, I. Y.; CHUNG, M. G.; HAN, W. Y.; SHIN, D. C.; LEE, S. H. Genetic analysis of pod shattering in soybean. **Korean Journal of Crop Science**, v. 50, n. 4, p. 281-285, 2005.
- MOREIRA-VILAR, F. C.; SIQUEIRA-SOARES, R. D. C.; FINGER-TEIXEIRA, A.; OLIVEIRA, D. M. D.; FERRO, A. P.; DA ROCHA, G. J.; FERRARESE-FILHO, O. The acetyl bromide method is faster, simpler and presents best recovery of lignin in different herbaceous tissues than Klason and thioglycolic acid methods. **Plos One**, v. 9, n. 10, e110000, 2014.
- PENG, Y. H.; YUAN, J. Z.; YANG, G. B. Primary analysis of soybean shattering in Chinese yellow river and Huai River soybean adaptation region. **Soybean Science**, v. 10, p. 285-290, 1991.
- ROMKAEW, J.; NAGAYA, Y.; GOTO, M.; SUZUKI, K.; UMEZAKI, T. Pod dehiscence in relation to chemical components of pod shell in soybean. **Plant Production Science**, v. 11, n. 3, p. 278-282, 2008.
- SUANUM, W.; SOMTA, P.; KONGJAIMUN, A.; YIMRAM, T.; KAGA, A.; TOMOOKA, N.; SRINIVES, P. Co-localization of QTLs for pod fiber content and pod shattering in F2 and backcross populations between yardlong bean and wild cowpea. **Molecular Breeding**, v. 36, n. 6, p. 1-11, 2016.
- YANG, J. B.; SOMERS, D. A.; WRIGHT, R. L.; MCGRAW, R. L. Seed pod dehiscence in birdsfoot trefoil, *Lotus corniculatus*, and their interspecific somatic hybrid. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 70, n. 1, p. 279-284, 1990.
- ZHANG, Q.; TU, B.; LIU, C.; LIU, X. Pod anatomy, morphology and dehiscing forces in pod dehiscence of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Flora**, v. 248, p. 48-53, 2018.

Parâmetros biológicos de *Anticarsia gemmatalis* alimentadas com genótipos Block®

ZAN, M. R. A.¹; NARCISO, R.²; BAENA, M. da S.³; ZOCCOLO, G. J.⁴; ARIAS, C. A. A.⁵; HOFFMANN-CAMPO, C. B.⁵

¹UNOPAR; Bolsista PIBIC/CNPq, mariaritazan@hotmail.com; ²UNOPAR, Bolsista Embrapa; ³Bolsista DTI Embrapa/CNPq; ⁴Pesquisador, Embrapa Agroindústria Tropical; ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A lagarta da soja, *Anticarsia gemmatalis*, é uma das principais espécies de lepidópteros desfolhadores da cultura da soja no país (Sosa-Gomez et al., 2010), representando riscos à produção e à qualidade dos cultivos. Dependendo do momento do ataque sobre a cultura, seu dano pode causar grandes perdas econômicas (Bortolotto et al., 2015). Alimenta-se principalmente das folhas mais jovens, mas pode se alimentar de outras partes da planta (Moscardi et al., 2012). É uma espécie tropical pertencente à família Noctuidae, cujas lagartas são pretas ou verdes, com pequenas listras nas laterais do corpo e no dorso. Entretanto, quando atingem populações elevadas, ou em situações de escassez de alimento, sua coloração se torna mais escura (Moscardi et al., 2012). De acordo com esses autores, o ciclo biológico total de *A. gemmatalis* em diferentes regiões varia em torno de 34 dias, podendo ter de quatro a seis gerações anuais que, em geral, ocorrem entre novembro e março, com um pico populacional em janeiro e fevereiro.

A tecnologia Block® (Tecnologia..., 2019) engloba cultivares de soja desenvolvidas pela Embrapa Soja, com o objetivo de facilitar o manejo integrado de percevejos (Arias et al., 2018; Hoffmann-Campo et al., 2019). Essas cultivares apresentam tolerância ao ataque de *Euschistus heros*, que atualmente é o percevejo mais abundante, na maioria das regiões produtoras de soja do Brasil (Arias et al., 2018), podendo causar danos severos aos grãos e vagens, comprometendo a produtividade da cultura. A tolerância é o tipo de resistência caracterizada pela planta resistir ou se recuperar do ataque intenso das pragas, mantendo o seu crescimento e desempenho produtivo em comparação aos padrões suscetíveis (Kock et al., 2016), sem afetar o desenvolvimento e/ou a preferência do inseto.

Atualmente, existem cinco cultivares Block® registradas: BRS 391, BRS 523, BRS 539, BRS 543 RR e a BRS 1003 IPRO (Tecnologia..., 2019). As três primeiras pertencem à plataforma convencional e as demais possuem a tecnologia Roundup Ready (RR), resistente ao glifosato e Intacta (IPRO), respectivamente. Para testar a hipótese de que as cultivares Block®, além de tolerantes ao ataque de percevejos, podem influenciar negativamente os parâmetros biológicos da lagarta da soja, ou seja, apresentar algum grau de antibiose à praga, foram instalados experimentos em casa-de-vegetação.

Material e Métodos

Para a realização dos experimentos foram utilizadas sete cultivares de soja, sendo quatro portadoras da tecnologia Block® (BRS 523; BRS 539; BRS 543 RR e BRS 391) e três padrões de ciclo e produtividade (BRS 284, BRS 399 RR e NA 5909 RG). Em vasos com capacidade para 5 litros, preenchidos com substrato composto de solo, areia e matéria orgânica (3:1:1) foram colocadas 10 sementes de soja na profundidade de 2cm. Para cada cultivar (tratamento) foram utilizados 20 vasos (repetição).

Ao atingirem o estágio de desenvolvimento V2, as plantas foram desbastadas, mantendo-se apenas duas por vaso, sendo uma delas infestada e a outra, do mesmo vaso, mantida sem infestação (testemunha). Quando as plantas de soja chegaram ao estágio de desenvolvimento entre V4 e V5, três lagartas no início do terceiro estágio larval (L3), obtidas no laboratório de criação massal de lepidópteros da Embrapa Soja foram retiradas cuidadosamente da dieta artificial, com o auxílio de um pincel fino e macio, depositadas sobre um folíolo de soja. As plantas, inclusive as testemunhas (sem infestação) foram cobertas com telas de nylon amarradas fortemente no caule às plantas, próximas ao solo para evitar escape das pré-pupas.

Ao completarem sua fase larval, as pré-pupas foram retiradas das plantas e colocadas em copinhos de café com vermiculita, sendo examinadas diariamente até o dia da transformação em pupa. No dia seguinte à transformação, as pupas foram separadas por sexo e pesadas para a avaliação de ganho de peso. As folhas das plantas infestadas com sintomas de ataque e das testemunhas não infestadas foram coletadas para análises cromatográficas e espectrométricas.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos no experimento sugerem que o peso das pupas variou de 208 mg a 223 mg. O ganho de peso dos indivíduos alimentados com BRS 391 foi menor em relação às demais cultivares testadas, exceto BRS 523 (Figura 1), ambas Block®. As lagartas alimentadas com NA 5909 RG, BRS 543 RR e BRS 539 mostraram tendência de produzir pupas mais pesadas, em relação à BRS 523. A redução no peso de pupas pode estar associada à baixa qualidade nutricional dos alimentos ingeridos na fase larval (Ongaratto et al., 2021), ou com a presença de antinutricionais que serão avaliados por cromatografia e espectrometria de massas, comparando-se o perfil metabólico de plantas de cada cultivar com e sem danos (dados não apresentados).

As médias do ciclo de desenvolvimento de *A. gemmatilis* desde o terceiro instar (L3) até a fase de pupa variaram de 11,2 dias (BRS 391) e 10,5 (BRS 523) (Figura 2), ou seja, em menos de 1 dia. Entretanto, novamente a perceijos que se alimentaram com BRS 391, apresentaram tendência a menor ganho de peso, com aumento do ciclo de vida. O prolongamento de ciclo do inseto tem sido relatado como um efeito adverso, por deixar os indivíduos por mais tempo sujeitos a mortalidade por parasitismo e predação. Esses dois parâmetros biológicos são indicadores de antibiose, principalmente o ganho de peso, considerando-se que a performance reprodutiva de indivíduos menos desenvolvidos pode ser influenciada negativamente (Smith; Chuang, 2014), produzindo menos ovos e, conseqüentemente, uma prole menor.

Embora todos os cuidados para evitar a evasão de indivíduos das gaiolas tenham sido tomados, um número relativamente grande de lagartas desapareceu em alguns tratamentos. Dessa forma, os dados relacionados à sobrevivência das lagartas não foram consistentes e, por isso, o experimento deverá ser repetido para permitir uma afirmação mais assertiva em relação ao tipo de resistência das cultivares Block®. Os dados referentes às análises cromatográficas e espectrometrias ainda não foram obtidos e, assim, as correlações entre os parâmetros biológicos e a composição química das cultivares de soja Block® e os padrões de ciclo e produtividade, não estão sendo apresentados.

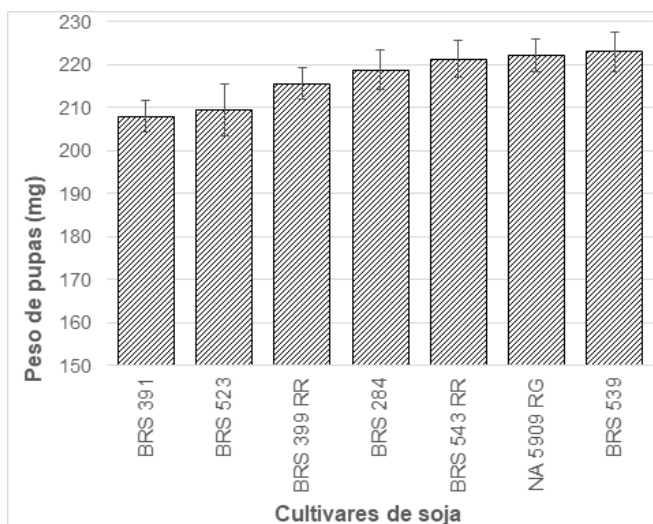


Figura 1. Peso de pupas (em mg), cujas lagartas foram alimentadas com diferentes cultivares de soja. As cultivares BRS 391, BRS 523, BRS 543 RR e BRS 539 possuem tecnologia Block®.

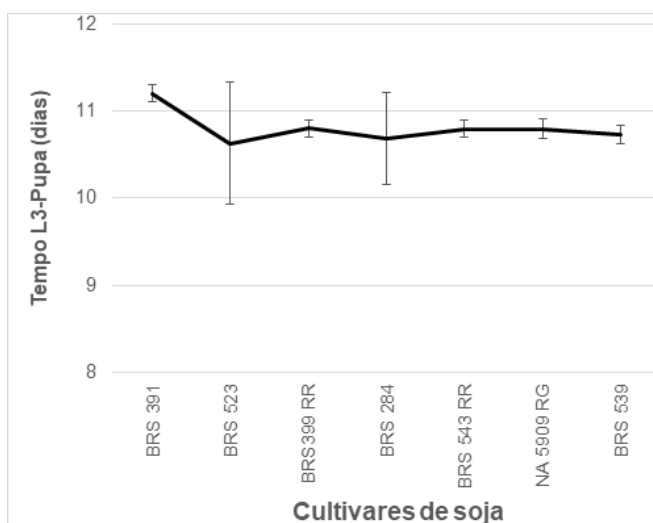


Figura 2. Tempo de desenvolvimento (em dias), no período compreendido entre o terceiro instar larval (L3) à transformação em pupa, de lagartas alimentadas com folhas de diferentes cultivares de soja. As cultivares BRS 391, BRS 523, BRS 543 RR e BRS 539 possuem tecnologia Block®.

Conclusão

Os dados sugerem que, em dada proporção, a BRS 391 influenciou negativamente tanto o ganho de peso quanto o tempo de desenvolvimento. No entanto, como os dados referentes à sobrevivência do inseto não foram obtidos com segurança, o experimento deverá ser repetido.

Referências

ARIAS, C. A. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORREA-FERREIRA, B. S.; LOPES, I. de O. N. Auxílio da genética. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 19, n. 229, p. 12-14, 2018.

BORTOLOTO, O. C.; POMARI-FERNANDES, A.; BUENO, R. C. O. de F.; BUENO, A. de F.; KRUZ, Y. K. S. da; QUEIROZ, A. P.; SANZOVO, A.; FERREIRA, R. B. The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 25-32, 2015.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ARIAS, C. A. A.; CORREA-FERREIRA, B. S.; LIMA, D. de; LORINI, I.; MELO, C. L. P. de. Manejo reforçado. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 20, n. 245, p. 14-19, 2019.

KOCH, K.; CHAPMAN, K.; LOUIS, J.; HENG-MOSS, T.; SARATH, G. Plant tolerance: a unique approach to control hemipteran pests. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, article 1363, 2016.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. de F.; SOSA-GOMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-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. 213-334.

ONGARATTO, S.; SILVEIRA, C. M.; SANTOS, M. C.; GORRI, J. E. R.; SARTORI, M. M. P.; HUNT, T. E.; LOURENÇÃO, A. L. BALDIN, E. L. L. Resistance of soybean genotypes to *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Erebidæ): antixenosis and antibiosis characterization. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 6, p. 2571-2580, 2021.

SMITH, C. M.; CHUANG, W. P. Plant resistance to aphids feeding: behavioral, physiological, genetics and molecular cues regulate aphid host selection and feeding. **Pest Management Science**, v. 70, p. 528-540, 2014.

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. de F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 90 p. (Embrapa Soja. Documentos, 269).

TECNOLOGIA Block: proteção percevejos. Londrina: Embrapa Soja, 2019. não paginado. 1 folder. (Folder n. 04/2019).

Aplicativo móvel de auxílio à tomada de decisão para escolha de cultivares de soja

AMARAL, M. S.¹; ALFREDO, L.¹; KERN, H. S.²; HORIKAWA, M. Y.²; RÉ, R.³; SILVA, G. C.³

¹ UTFPR, Bolsista PIBIC/CNPq, Cornélio Procópio, PR, matheusrockway@gmail.com;

²Analista, Embrapa Soja, Londrina, PR; ³UTFPR, Orientador, Cornélio Procópio, PR.

Introdução

O agronegócio no Brasil vem passando constantemente por adaptações devido às transformações tecnológicas, nas quais as empresas envolvidas buscam atualizar sua infraestrutura para operar de forma otimizada, além de obter maiores chances de crescimento. A Embrapa tem o desafio de desenvolver, em parceria com o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), um modelo de agricultura e pecuária tropical genuinamente brasileiro, superando as barreiras que limitavam a produção de alimentos, fibras e energia no nosso País.

Nesse sentido, a Embrapa Soja realizou o primeiro contato com professores do programa de mestrado em informática da UTFPR, Câmpus Cornélio Procópio (PPGI) para apresentar as suas principais necessidades que, no período dessa pesquisa, não eram possíveis de serem sanadas sem o uso de inovações tecnológicas. A necessidade em destaque foi referente ao seu catálogo físico de cultivares de soja, que consistia em uma página Web contendo as informações relacionadas às cultivares e suas especificidades, podendo variar entre o formato impresso e o digital. A proposta da Embrapa Soja, em parceria com a UTFPR, é de que este catálogo seja modificado para acompanhar os avanços da indústria 4.0. Isso significa ser necessário adotar novas formas de transmissão da informação e que se integre ao ecossistema das mídias sociais e dispositivos móveis.

Considerando o contexto, em que existe a necessidade de atingir pela tecnologia da informação um crescente número de pessoas e empresas ligadas ao cultivo de soja, definiu-se como metodologia de trabalho a pesquisa-ação. Segundo Thiollent (1986, p. 15), a observação de um contexto organizacional visa, frequentemente, resolver problemas de ordem aparentemente técnica,

por exemplo, introduzir uma nova tecnologia ou desbloquear a circulação da informação dentro da organização.

Como resultado do desenvolvimento do aplicativo proposto, espera-se promover uma comunicação mais assertiva entre a Embrapa Soja e seu público alvo, de maneira que o principal objetivo é: permitir que os usuários conheçam as cultivares de soja contidos no catálogo e suas especificidades de forma interativa, adaptando-o às necessidades individuais e permitir que a Embrapa Soja, enquanto divulga suas cultivares, tenha uma ferramenta para estudar o comportamento dos usuários e direcionar produtos de maneira personalizada.

Material e Métodos

Pesquisa-ação

A pesquisa pode ser classificada como pesquisa-ação, pois, segundo Thiollent (1997), é recomendada para novas abordagens, nas quais o pesquisador necessita explorar novas ideias e criar um conhecimento em aspectos práticos que contribuam para o local onde realiza a pesquisa.

Do ponto de vista científico, a pesquisa-ação é uma proposta metodológica e técnica que oferece subsídios para organizar a pesquisa social aplicada, processamento de dados, experimentação e dos demais passos. Com ela se introduz uma maior flexibilidade na concepção e na aplicação dos meios de investigação concreta (Thiollent, 1986, p. 23-24), assim como pode favorecer a aquisição de um conhecimento de forma lúcida e autônoma (Brandão, 1985, p. 27).

Na descrição do processo de uma pesquisa-ação, destaca-se a definição de (Davison et al., 2004) que resume a estrutura de uma pesquisa à execução de 5 passos (Figura 1), ao aplicar no cenário proposto pela Embrapa Soja:

Diagnóstico: etapa inicial onde se faz necessário identificar o problema apresentado pela Embrapa Soja; para isso, é necessário obter todas as informações referente ao mesmo, que se dá por meio da análise da documentação

fornecida e reuniões onde os representantes da empresa contribuem com a sua visão do problema.

Plano de ação: com o problema bem definido, é possível propor possíveis soluções para a solicitação; isso ocorreu na avaliação de cenários semelhantes, em que instituições passaram por um processo de transformação de seu conteúdo para o meio digital.

Intervenção: implementação da solução proposta, com a codificação do conteúdo no catálogo de cultivares da Embrapa Soja em um produto de software, ou seja, a criação de um aplicativo que possua os dados das cultivares com as ferramentas de interação oferecidas pelo dispositivo móvel.

Validação: para verificar os resultados com a expectativa de resolução do problema, é necessário que as pessoas que representam a Embrapa Soja e seu público alvo possam testar o aplicativo, de modo a definir se de fato ele atende à demanda solicitada.

Reflexão: resulta no conhecimento adquirido ao longo do processo. Embora o objetivo da pesquisa seja entregar uma melhoria de algo prático no dia-a-dia da empresa, é importante também observar a sua contribuição para o estado da arte dos assuntos que permeiam o tema da pesquisa. A aplicação prática dos conceitos mencionados certamente traz uma nova perspectiva e expande os horizontes para próximos trabalhos.

De acordo com Davison et al. (2004), esse processo é executado de forma cíclica, para que em cada iteração da pesquisa seja possível atingir o seu objetivo com uma maior completude. Dentro desta pesquisa isso é muito relevante por permitir que o processo de intervenção possa ocorrer mais de uma vez e com soluções diferentes. Isso resulta em maior ganho em conhecimento para a pesquisa e também um produto melhor entregue à Embrapa Soja.

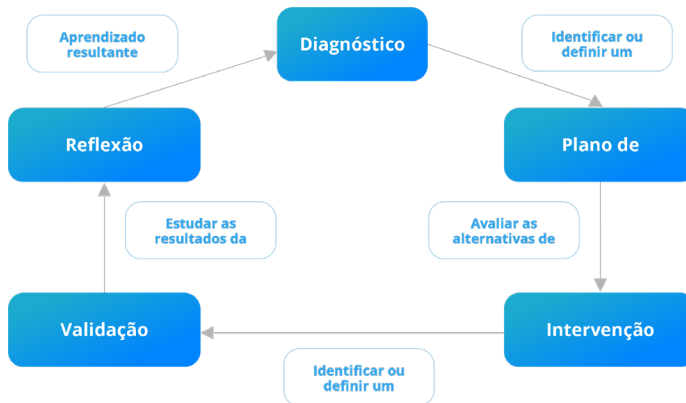


Figura 1. Passos da pesquisa-ação, adaptado de Davison et al. (2004).

UX/UI

Embora a primeira definição do conceito de UX (*User Experience*) tenha surgido com Norman et al. (1995), esta área ainda está em constante expansão e possui uma subjetividade muito grande. Por se tratar da forma como os indivíduos percebem algo, ao longo dos anos outros pesquisadores surgiram com propostas diferentes na explicação desse conceito. Para Alben (1996), trata-se dos aspectos de como as pessoas interagem com o produto, ou seja, do que ocorre durante o uso de um dado produto. Hassenzahl e Tractinsky (2006) descreveram como a consequência da junção entre a personalidade do usuário, suas predisposições e visão de mundo, as características do produto e o contexto envolvido e tudo que permeia o momento do manuseio de um produto.

Definida a concepção de experiência de usuário, é necessário compreender como ocorre, que neste caso é por uma interface de usuário, também conhecida como UI (*User Interface*). Essa interface possui várias formas de funcionamento, a sua definição é de qualquer meio de interação com um sistema. Uma tela é uma interface onde o software exibe dados para usuário, assim como o mouse e teclado, ou até mesmo o *touch screen* também são interfaces para que o usuário comunique à máquina a sua intenção, a instrução a ser executada.

Isso traz a questão principal, ou seja, a experiência de manusear o catálogo de cultivares da Embrapa Soja. Inicialmente já é possível identificar a obs-

lescência por ser disponibilizado em formato físico. Mesmo podendo ser obtido por meio de um documento no formato pdf, isso só faz com que ele seja legível em dispositivos eletrônicos, mas não é o suficiente para proporcionar uma experiência informativa aprimorada. É muito mais complexa a absorção de conteúdo em um documento que possui diversas páginas sequenciais e sem meios robustos de filtragem dos dados.

Resultados e Discussão

Durante a codificação, os elementos do aplicativo foram componentizados. Isso significa que blocos de código foram transformados em classes reutilizáveis resultando em fácil manutenção, além da organização do código. Embora já existissem classes criadas propriamente para o aplicativo, alguns componentes visuais foram importados de bibliotecas de código aberto, e relacionados ao componente de mapas. Do ponto de vista técnico, o código facilita a renderização de polígonos que representam os mapas e podem se misturar em camadas, permitindo destacar as regiões específicas, além de atribuir diferentes informações a cada parte do mapa, utilizando as formas e cores em cada camada.

Do ponto de vista do usuário, esses mapas podem representar as localizações das cultivares, que podem ser representadas de diversas maneiras, como por exemplo: regiões do país, estados ou cidades, ou, no caso da demanda, serem divididas pelas regiões edafoclimáticas.

Além desse, outro componente externo de destaque é o *SliderTransition*, para permitir a renderização gradual de dois elementos visuais conforme o toque do usuário. Uma das principais utilidades é a visualização de dados que devem ser exibidos lado a lado no aplicativo, possibilitando comparar os dados de determinadas cultivares com mais facilidade, visto que o usuário pode apenas arrastar o conteúdo ao invés de mudar a tela do aplicativo.

Esses são exemplos de soluções implementadas no intuito de melhorar a experiência dos usuários e facilitar o acesso dos dados das cultivares aos clientes. Um dos recursos considerados mais importantes nessa pesquisa é a listagem e filtragem das cultivares. O maior diferencial do aplicativo para o catálogo físico é a possibilidade de visualizar a cultivar relevante sem outros dados não relacionados interferindo neste processo.

Para isso, foi desenvolvida uma listagem de cultivares por nome, sendo possível visualizar as cultivares de forma resumida, com a opção de selecionar alguma em específico e ver os detalhes. Também foi desenvolvida uma tela de filtros onde o usuário pode filtrar a cultivar com base nas suas especificidade, que podem ser valores fixos como o nome do tipo, ou valores variáveis, como altura das plantas ou o peso médio de mil sementes. Para lidar com cada tipo de filtro, foi desenvolvido um componente de input específico, como o componente de seleção para dados fixos e *RangeSliders* para dados variáveis, para que o usuário consiga definir esses valores com o mínimo de toques na tela, além de poder filtrar textualmente as cultivares pelo nome. Dessa forma, é disponibilizado para o usuário o controle completo do conteúdo a ser exibido.

Outro ponto de destaque no aplicativo desenvolvido é a tela inicial (Figura 2), que centraliza dados importantes de acordo com o usuário e oferecer conteúdo com maior chance de relevância com base no mesmo. Por exemplo, o componente de calendário foi sincronizado com uma api da Embrapa para identificar as melhores datas para semeadura de cultivares, desta forma o usuário pode ver quais os melhores cultivares para cada data além de saber o quão distante está da data atual.

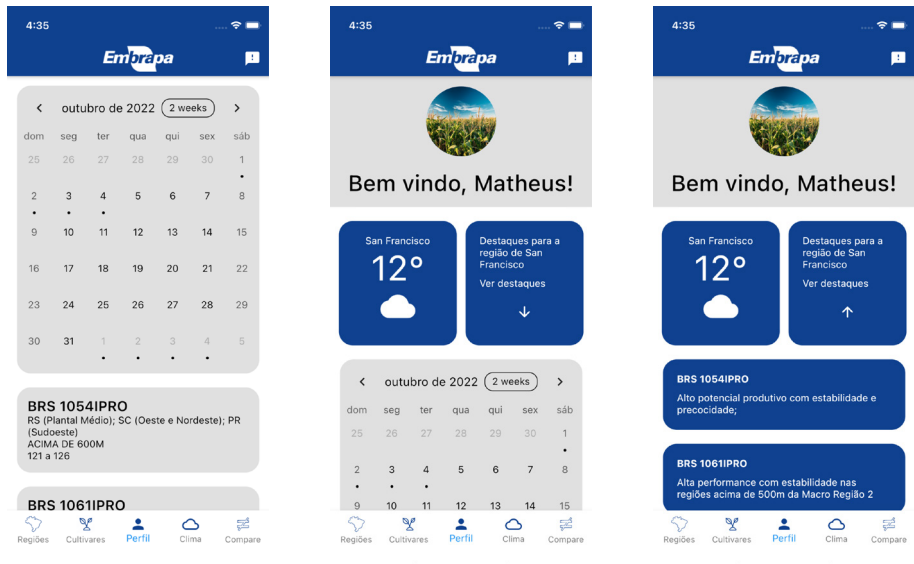


Figura 2. Exemplos das telas do aplicativo e demonstração do seu uso.

Finalizada a etapa de codificação, foi obtida uma primeira versão do aplicativo, que conta com as telas principais solicitadas no documento de requisitos da Embrapa Soja. Essa versão do aplicativo também já está integrada com o serviço web de cultivares, sendo este, responsável por fornecer os dados das cultivares, regiões edafoclimáticas e reações a doenças.

A versão atual do aplicativo também resulta na primeira entrega do produto, que é uma alternativa ao catálogo de cultivares para promover uma interação entre a empresa e seu público, além da disponibilidade da informação. Para a implementação das próximas versões, está sendo avaliado o uso de outros recursos gráficos como o *chatbot*, por exemplo, para que o usuário seja capaz de buscar cultivares de forma ainda mais intuitiva com o aplicativo por meio de uma conversa. Conseqüentemente, será possível medir a qualidade dessa interação comparada à busca por filtros.

Nos próximos passos desta pesquisa, está prevista a submissão do aplicativo para uma revisão com os profissionais da Embrapa Soja e também a realização de uma bateria de testes com usuários selecionados, visando validar o atendimento aos requisitos e simular cenários de uso mais realistas com pessoas que possuem um conhecimento prático.

Além disso, com base no *feedback* da experiência dos usuários, espera-se também medir quais os pontos positivos e negativos da usabilidade, compreender as possíveis necessidades de mudança e fazer a comparação com outros modelos de interface em desenvolvimento para extrair a solução mais assertiva para a demanda solicitada.

Nesse sentido, o método de teste A/B também deve auxiliar na validação dos protótipos, uma vez que existem várias formas de solucionar a questão da pesquisa de cultivares, porém, como este método é mais utilizado em páginas de marketing nas plataformas web, faz-se necessário abstrair o método para aplicativos em dispositivos móveis.

Conclusão

O aplicativo deve disponibilizar os dados das cultivares de acordo com o interesse do usuário, como se fosse um produto a ser vendido e tem como o objetivo mostrar as cultivares mais indicadas de acordo com a sua necessidade.

Referências

ALBEN, L. Quality of experience. **Interactions**, v. 3, n. 3, p. 11-15, 1996.

BRANDÃO, C. R. **Repensando a pesquisa participante**. São Paulo: Brasiliense, 1985. 249 p.

DAVISON, R.; MARTINSONS, M. G.; KOCK, N. Principles of canonical action research. **Information Systems Journal**, v. 14, n. 1, p. 65-86, 2004. DOI: 10.1111/j.1365-2575.2004.00162.x.

HASSENZAHL, M.; TRACTINSKY, N. User experience - a research agenda. **Behaviour and Information Technology**, v. 25, n. 2, p. 91-97, 2006.

NORMAN, D.; MILLER, J.; HENDERSON, A. What you see, some of what's in the future, and how we go about doing it: HI at Apple Computer. In: **CHI '95: Conference Companion on Human Factors in Computing Systems**. 1995. DOI: 10.1145/223355.223477.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 1986. 107 p.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997. 164 p.

Influência do substrato alimentar na virulência do fungo *Metarhizium rileyi* em lagartas de *Spodoptera eridania*

NICOLAU, N. M.¹; SOUZA, T. D. de²; SOSA-GÓMEZ, D. R.³

¹UNOPAR - Universidade Norte do Paraná, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, nicolyanmarino46@gmail.com; ²UFPR - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; ³Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Espécies de noctuídeos geralmente são responsáveis por causar perdas significativas em diversas culturas no Brasil, sendo consideradas pragas agrícolas. *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae), é uma espécie polífaga que ataca várias espécies de importância econômica como soja, milho e algodão (Bernardi et al., 2014). A forma de controle utilizada contra as lagartas dessa espécie tem sido exclusivamente o controle químico (Teodoro et al., 2013). No entanto, o uso abusivo dos inseticidas químicos pode acarretar em muitos efeitos indesejáveis, como a não seletividade aos inimigos naturais e a seleção de espécies resistentes a esses produtos (Bueno et al., 2017).

Em geral os agentes do controle microbiano de insetos são considerados uma alternativa segura aos inseticidas químicos, principalmente pela sua seletividade a predadores e parasitoides (Dias et al., 2020).

Metarhizium rileyi é um fungo entomopatogênico que possui a capacidade de infectar diversas espécies de lepidópteros pragas e tem potencial para ser utilizado como agente no biocontrole (Ignoffo, 1981). Os benefícios da ocorrência natural de *M. rileyi* em sistemas agrícolas são reconhecidos (Fronza et al., 2017), mas ainda as implicações envolvidas entre planta/hospedeiro/patógeno são escassamente estudadas.

Estudos das interações entre o substrato de alimentação e a mortalidade de lagartas causada por baculovírus têm sido feitos por diversos autores (Ali et al., 1998; Hoover et al., 2000; Farrar; Ridgway, 2000), assim como as interações com fungos entomopatogênicos (Sosa-Gómez, 2012). Entretanto, quando se trata do fungo *M. rileyi* não há informação disponível.

Muitas espécies de lepidópteros pragas possuem hábito polífago, alimentando-se de várias espécies vegetais, portanto, entender a influência da planta hospedeira sobre a suscetibilidade a fungos entomopatogênicos é de fundamental importância para o controle microbiano de pragas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência do substrato de alimentação, folhas de soja e algodão sobre a virulência do fungo *M. rileyi* às lagartas de *Spodoptera eridania*.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Soja, Londrina, PR e o isolado fúngico testado foi proveniente da coleção de entomopatógenos da mesma instituição, nomeado de CNPSo-Nr304. O isolado foi cultivado em placas contendo meio de cultura SMAY (2,5 g de neopeptona, 10 g de maltose, 2,5 g de extrato de levedura, 3,75 g de ágar e 250 mL de água), por 12 dias. As lagartas de *S. eridania* utilizadas para montagem do experimento foram criadas em laboratório, alimentadas com dieta artificial adaptada de Greene et al. (1976) e mantidas em condições controladas.

Como substrato natural foram utilizadas folhas de soja e de algodão e como dieta artificial foi utilizada a dieta adaptada de Greene et al. (1976) sem anticontaminantes (metil parabeno e formol). As plantas foram cultivadas, em vasos, em casa de vegetação. Foram semeados 20 vasos com algodão transgênico resistente ao glifosato (BRF 370 RF) e 20 vasos com soja convencional (BRS 284). Quando as plantas atingiram o estágio reprodutivo foram coletadas folhas e levadas para o laboratório.

Com o auxílio de um vazador os folíolos foram cortados em discos totalizando 180 discos (1,76 cm de diâmetro) de folhas de algodão e soja. A concentração da suspensão fúngica foi determinada com o auxílio de câmara de Neubauer, em microscópio óptico. Com uma micropipeta foram aplicados 50 µl da suspensão em cada disco em três doses: 0 (controle), 440 e 880 conídios por disco. Cada disco, após a secagem da suspensão, foi oferecido a uma lagarta do 3º instar de *S. eridania*.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial com dois fatores, planta hospedeira e três doses (0; 440 e 880 conídios),

com quatro repetições (15 lagartas por repetição). A mortalidade foi avaliada durante 10 dias e confirmada pela presença do patógeno. As análises de variância foram realizadas no software AgroEstat (Barbosa; Maldonado, 2015) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os insetos alimentados com dietas naturais apresentaram mortalidade por *M. rileyi* significativamente superior aos insetos alimentados com dieta artificial (Figura 1). A dose de 440 conídios do fungo por disco foliar de soja causou mortalidade de 52,2%, e com 880 conídios a mortalidade foi de 83,8%, já no algodão as doses de 440 e 880 conídios causaram mortalidades de 48,3% e 71,7% respectivamente (Figura 1). Entretanto, a variabilidade dos resultados de mortalidade não permitiu inferir diferenças entre as dietas naturais. A mortalidade das lagartas inoculadas com a dose de 880 conídios foi significativamente maior que as inoculadas com 440 conídios, sendo que as inoculações com as duas doses realizadas sobre soja não foram diferentes.

Em trabalhos realizados com algodão é sugerido o efeito negativo dessa cultura sobre a mortalidade causada por baculovírus (Ali, et al. 1998; Farrar; Ridgway, 2000). Hoover et al. (2000) correlacionaram negativamente a atividade do vírus com os níveis de peroxidase produzida na folha. Portanto, estudos mais aprofundados devem ser conduzidos para determinar esse efeito.

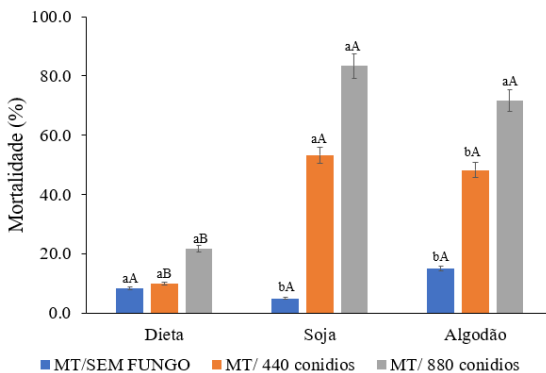


Figura 1. Porcentagem de mortalidade total (MT) de *Spodoptera eridania* causada pelo fungo *Metarhizium rileyi* em diferentes substratos alimentares. Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas (substratos alimentares) e minúsculas (dose de conídios) não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Outros fatores que podem ter influenciado são os ambientais, especialmente condições de temperatura e umidade do ar (Edelstein et al., 2005), assim estudos em campo precisam ser feitos para observar se a mesma tendência de menor mortalidade no algodão pode ser replicada.

Conclusão

Os substratos de alimentação (fóliosolos de soja e folhas de algodão) não influenciaram a ação do fungo *M. rileyi*, permitindo inferir que pode ser aplicado sobre a cultura do algodão e da soja nas mesmas doses.

Referências

- ALI, M. I.; FELTON, G. W.; MEADE, T.; YOUNG, S. Y. Influence of host inter-specific and intra-specific variation on the susceptibility of *Heliothines* to a baculovirus. **Biological Control**, v. 12, p. 42-49, 1998.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **Experimentação Agrônômica & AgroEstat**: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: FUNEP, 2015. 396 p.
- BERNARDI, O.; SORGATTO, R. J.; BARBOSA, A. D.; DOMINGUES, F. A.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; OMOTO, C. Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac protein. **Crop Protection**, v. 58, p. 33-40, 2014. DOI: 10.1016/j.cropro.2014.01.001.
- BUENO, A. de F.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A. C. D.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, D. M. D. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, v. 47, n. 6, p. 1-10, 2017. DOI:10.1590/0103-8478cr20160829.
- DIAS, M. P.; LOUREIRO, E. S.; AMORIM, P. L. G.; REIS, D. G. L.; BÁRBARO, B. J. G.; MACALI, W. A.; NAVARRETE, A. A.; TEODORO, P. E. Selectivity of entomopathogenic fungi for *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). **Insetos**, v. 11, 716, 2020. 14 p. DOI: 10.3390/insects11100716.
- EDELSTEIN, J. D.; TRUMPER, E. V.; LECUONA, R. E. Temperature-dependent development of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson in *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) larvae (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 4, p. 593-599, 2005. DOI: 10.1590/S1519-566X2005000400009.
- FARRAR, R. R.; RIDGWAY, R. L. Host plant effects on the activity of selected nuclear polyhedrosis viruses against the corn earworm and beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v. 29, p. 108-115, 2000.
- FRONZA, E.; SPECHT, A.; HEINZEN, H.; BARROS, N. M. *Metarhizium* (*Nomuraea*) *rileyi* as biological control agent. **Biocontrol Science and Technology**, v. 27, p. 1243-1264, 2017. DOI: 10.1080/09583157.2017.1391175.

GREENE, G. L.; LEPPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 447-448, 1976.

HOOVER, K.; WASHBURN, J. O.; VOLKMAN, L. E. Midgut-based resistance of *Heliothis virescens* to baculovirus infection mediated by phytochemicals in cotton. **Journal of Insect Physiology**, v. 46, p. 999-1007, 2000.

IGNOFFO, C. M. The fungus *Nomuraea rileyi* as a microbial insecticide. In: BURGESS, H. D. (ed.). **Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980**. London: Academic Press, 1981. p. 513-538.

SOSA-GÓMEZ, D. R. Implications of plant hosts and insect nutrition on entomopathogenic diseases. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (ed.) **Insect bioecology and nutrition for integrated pest management**. Boca Raton: CRC Press, 2012. p. 195-209.

TEODORO, A. V.; PROCOPIO, S. de O.; BUENO, A. de F.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; CARVALHO, H. W. L. de; NEGRISOLI, C. R. de C. B.; BRITO, L. F.; GUZZO, E. C. ***Spodoptera cosmioides* (Walker) e *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae)**: novas pragas de cultivos da região Nordeste. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. 7 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 131). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/977975/1/cot131.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.

Identificação de plantas de soja transformadas com sistema CRISPR

POLIZELI, S. R. A.¹; HOSHINO, R. T.²; MARIN, S. R. R.³; MERTZ-HENNING, L. M.⁴; NEPOMUCENO, A. L.⁴

¹UEL - Universidade Estadual de Londrina, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, suellen.polizeli@colaborador.embrapa.br; ²Embrapa Soja, Bolsista Funarbe, Londrina, PR; ³Analista, Embrapa Soja; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

A transgenia é uma ferramenta biotecnológica muito útil na modificação genética de plantas. Todavia, por questões de biossegurança o lançamento de cultivares transgênicas é longo e oneroso, devido a diversas questões regulatórias (Nepomuceno et al., 2020). Uma solução que se apresenta é a edição genética, que consiste na modificação dos próprios genes da planta sem nenhuma introgessão de genes exógenos ao genoma de interesse. Desse modo, plantas com tais edições genéticas podem ser consideradas convencionais e não organismos transgênicos (Jansing et al., 2019).

Atualmente, transformações utilizando *Agrobacterium tumefaciens* associadas ao sistema CRISPR-Cas são uma poderosa ferramenta na edição genética de plantas. (Sandhya et al., 2020). O sistema CRISPR-Cas foi inicialmente identificado em bactérias e descrito como enzimas que associadas a um RNA-guia (gRNA) desempenham papel de defesa contra infecções ocasionadas por bacteriófagos. As enzimas Cas-9 localizam e clivam o RNA viral através de uma sequência homóloga presente no gRNA (Hille et al., 2018).

Ao utilizar este sistema é possível produzir vetores de plantas contendo a enzima Cas-9, que dependendo do gRNA, torna possível direcionar a clivagem em posição específica do genoma de forma precisa e segura. Após a clivagem o sistema de reparo do DNA da planta pode adicionar ou deletar alguns pares de bases, o que resulta em mutações de fase de leitura, truncamento e inativação dos genes alvos (Gerashchenkov et al., 2020).

Após a transformação com *Agrobacterium*, a “maquinaria de edição” contendo a nuclease Cas-9, o gRNA, e os demais genes relacionados à seleção e à mobilidade do DNA de transferência, se incorporam aleatoriamente no

genoma da planta em apenas um cromossomo, resultando em um hemizigoto. A expressão destes genes de edição leva ao silenciamento do gene alvo. Nesta etapa (T0) a planta editada é transgênica, porém, quando as plantas são autofecundadas ocorre a segregação da “maquinaria de edição”, devido à produção de hemizigotos pela transformação, o que pode resultar em plantas editadas não transgênicas (T1) (Molinari et al., 2020).

A identificação de eventos editados não transgênicos é fundamental para a continuidade de programas de melhoramento que utilizam a edição genômica de plantas por CRISPR-Cas-9. Inicialmente é necessário identificar as plantas que tiveram a maquinaria CRISPR incorporada em seu genoma, e que possuem o potencial de edição e silenciamento do gene alvo, que posteriormente é validado através de sequenciamento da região próxima ao gRNA. Por fim, os transgenes CRISPR podem ser eliminados através da reprodução e triagem das populações segregantes. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar, por PCR convencional eventos de soja com potencial de edição pela presença da maquinaria CRISPR-Cas-9.

Material e Métodos

Plantas de soja transformadas via *Agrobacterium tumefaciens* foram analisadas pela Reação em Cadeia da Polimerase, ou PCR (Polymerase Chain Reaction). A PCR teve por objetivo identificar os eventos transgênicos, uma vez que a maquinaria de edição está integrada ao genoma das plantas. Para tal foram realizadas as seguintes etapas: extração de DNA da soja; amplificação por PCR da nuclease Cas9; e eletroforese em gel de agarose.

Extração de DNA

Dois discos foliares com 5 mm de diâmetro foram coletados de trifólios jovens e transferidos dentro de microtubos resfriados em gelo. Em cada microtubo foram colocadas duas esferas de aço, com 3 mm de diâmetro. Os tecidos foram macerados por sucessivas agitações dos tubos em vórtex intercaladas por congelamento em nitrogênio líquido.

Após a maceração foram adicionados 300 µL do tampão de extração CTAB (Doyle; Doyle, 1987) previamente aquecido a 65°C. Os tubos foram agitados

em vórtex e incubados a 65°C por 30 minutos em banho-maria. Posteriormente foram adicionados 300 µL de clorofórmio, o qual foi misturado por inversões em agitador oscilador por 10 minutos. Na sequência, os tubos foram centrifugados a 14000 g, por 15 minutos.

A fase aquosa (200 µL) foi transferida para novos microtubos, e adicionados 200 µL de isopropanol resfriado a -20°C. Os tubos foram homogeneizados por inversões, seguidas de incubação a -20°C por 30 minutos, para a precipitação do DNA. O pellet de DNA foi obtido por centrifugação a 14000 g, por 15 minutos. O sobrenadante contendo isopropanol foi descartado e o pellet lavado com 200 µL de etanol 70% gelado. O etanol foi descartado e o pellet seco em speed vacuum por 5 minutos. Após a secagem, o DNA foi ressuspenso em 100 µL de tampão TE contendo RNase A, na concentração final de 40 µg mL⁻¹, seguida de incubação a 37°C por 30 minutos. A quantificação e qualidade da extração foi posteriormente confirmada em espectrofotômetro NanoDrop® e a integridade foi observada em gel de agarose 1%.

Amplificação por PCR

A confirmação da presença da maquinaria de edição no genoma da soja foi realizada através de PCR convencional utilizando os primers específicos para nuclease Cas9 que produzem amplicons de 448pb: Cas9-Foward 3' GGAGTTCTACAAGTTCATCAAG5' e Cas9-Reverse 3' AGTGAAGTACTCGTACAGAAGG5'.

As reações foram realizadas com volume final de 25 µL, sendo cada reação composta de 2 µL DNA genômico, 2,5 µL de tampão 10x, 0,2µM de cada primer, 2mM de MgCl₂, 0,4mM de dNTPs, 1U de Taq Polimerase.

As condições de ciclagem utilizadas foram: desnaturação inicial a 95°C por 5 min, seguida por 35 ciclos de desnaturação 95°C por 30 s, anelamento a 55°C por 30 s, extensão a 72°C por 45 s, finalizando com um ciclo de 72°C por 7 min.

Eletroforese em gel de agarose

Os produtos das PCRs foram analisados por eletroforese em gel de agarose a 1%, contendo brometo de etídeo em tampão SB. Os géis foram submetidos a uma tensão de 120V por 1h. A presença dos amplicons foi observada em transiluminador UV.

Resultados e Discussão

Na etapa de detecção da maquinaria Cas, foram analisadas 24 plantas de soja oriundas do processo de transformação via *Agrobacterium tumefaciens* com vetor CRISPR. A concentração e a qualidade do DNA são apresentadas na tabela 1. As amostras de DNA extraídas em geral produziram os valores esperados. Em geral, a quantificação de DNA aumenta a confiabilidade dos resultados da PCR, pois garante o uso de quantidades suficientes do DNA alvo evitando resultados falso-negativos. Outro ponto a considerar para uma amplificação eficiente são os inibidores oriundos do processo de extração e das características específicas da amostra. A presença de inibidores pode ser identificada pela relação entre as leituras de absorvância nos comprimentos de onda $A_{260\text{nm}} / A_{280\text{nm}}$, indicativa de contaminação com proteínas, e em $A_{260\text{nm}} / A_{230\text{nm}}$ que informa a presença de compostos como polissacarídeos, sendo aceitável, em ambas as relações, um valor de 1,7 ou superior (Sambrook; Russell, 2001).

Tabela 1. Quantificação espectrofotométrica da concentração e relação de qualidade do DNA (relação da absorção dos comprimentos de onda $A_{260\text{nm}}/A_{280\text{nm}}$ e $A_{260\text{nm}}/A_{230\text{nm}}$) de 24 plantas transformadas via *Agrobacterium tumefaciens*, com vetor CRISPR

ID	Concentração ng/ μ L	A_{260}/A_{280}	A_{260}/A_{230}	ID	Concentração ng/ μ L	A_{260}/A_{280}	A_{260}/A_{230}
PL1	238	2,2	1,9	PL13	852,4	1,9	2
PL2	523,6	1,8	1,8	PL14	990,1	1,8	1,9
PL3	433,6	1,9	1,9	PL15	845,7	2	2,2
PL4	114,9	1,8	1,8	PL16	537,9	1,9	1,3
PL5	104,8	2	2	PL17	843,1	2	2,2
PL6	493	1,8	1,7	PL18	542,1	1,7	2,0
PL7	398,9	1,9	2	PL19	498,1	1,9	2,2
PL8	159,5	2	2	PL20	445,1	1,8	2,3
PL9	415,4	1,9	2	PL21	384,1	2	1,5
PL10	469,8	1,9	2,1	PL22	877,2	2	2,1
PL11	443,9	1,8	1,8	PL23	212,3	1,6	1,8
PL12	964,1	1,7	1,3	PL24	431	1,8	1,8

Todas as técnicas de quantificação de DNA têm limitações em seu uso e aplicação, portanto, amostras de DNA com alta concentração e relações adequadas, podem ainda apresentar degradação do DNA comprometendo a detecção por PCR, sendo recomendável a verificação da integridade que pode ser realizada através de eletroforese em gel de agarose. Todas as amostras de DNA apresentaram boa integridade com baixa degradação (Figura 1).

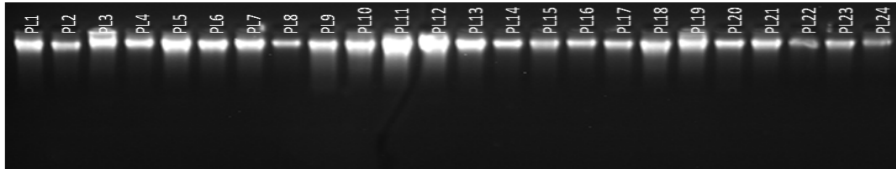


Figura 1. Integridade em gel de agarose 1% de DNA genômico de 24 plantas de soja transformadas via *Agrobacterium tumefaciens*, com vetor CRISPR.

Com os parâmetros de qualidade e quantidade verificados, a PCR convencional resultou em 12 plantas com produto de amplificação de 448pb referente à presença da nucleasse Cas9 (Figura 2). As amostras PL12, PL16 e PL21 apresentaram intensidade de banda inferior, possivelmente devido a presença de inibidores da PCR na amostra, como pode ser constatado pela baixa relação A_{260nm} / A_{230nm} (Tabela 1).

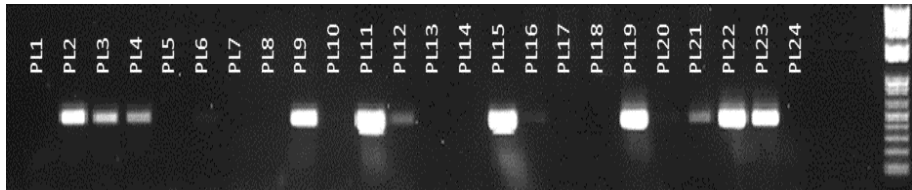


Figura 2. Identificação de plantas transgênicas com maquinaria Cas9 por PCR convencional em gel de agarose 1%. A presença de produto de amplificação de 448pb indica planta transgênica com maquinaria CRISPR-Cas9, ausência de banda indica planta não transgênica. Marcador de DNA 1Kb Plus (Invitrogen®).

A variabilidade genética da soja promove diferentes respostas na eficiência de infecção pela agrobactéria, desenvolvimento e regeneração em cultura *in vitro*, tornando baixa a eficiência de transformação (Donaldson; Simmonds, 2000; Yang et al., 2016) e, ainda, a eficiência de edição das plantas transformadas com sistema CRISPR pode ser afetada por diversos fatores desde a estratégia de construção do vetor (Carrijo et al., 2021) até a forma de entrega dos componentes CRISPR/Cas9 (Sandhya et al., 2020). A somatória desses fatores, reduz ainda mais a eficiência geral do processo e o número de plan-

tas editadas. Assim é fundamental que a etapa inicial de detecção via PCR da maquinaria de edição CRISPR seja eficiente para reduzir falsos negativos e aumentar o potencial de identificação de plantas editadas.

Conclusão

Foram identificadas 12 plantas de soja com maquinaria CRISPR e portanto, com potencial de edição do gene alvo. Será necessário o sequenciamento da região próxima ao gRNA para validar o silenciamento do gene alvo.

Referências

- CARRIJO, J.; ILLA-BERENGUER, E.; LAFAYETTE, P.; TORRES, N.; ARAGÃO, F. J. L.; PARROTT, W.; VIANNA, G. R. Two efficient CRISPR/Cas9 systems for gene editing in soybean. **Transgenic Research**, v. 30, n. 3, p. 239-249, 2021.
- DONALDSON, P. A.; SIMMONDS, D. H. Susceptibility to *Agrobacterium tumefaciens* and cotyledonary node transformation in short-season soybean. **Plant Cell Reports**, v. 19, n. 5, p. 478-484, 2000.
- DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phytochemical Bulletin**, v. 19, p. 11-15, 1987.
- GERASHCHENKOV, G. A.; ROZHNOVA, N. A.; KULUEV, B. R.; KIRYANOVA, O. Y.; GUMEROVA, G. R.; KNYAZEV, A. V.; VERSHININA, Z. R.; MIKHAILOVA, E. V.; CHERMERIS, D. A.; MATNIYAZOV, R. T.; BAIMIEV, A. K.; GUBAIDULLIN, I. M.; BAIMIEV, A. K.; CHERMERIS, A. V. Design of guide RNA for CRISPR/Cas plant genome editing. **Molecular Biology**, v. 54, n. 1, p. 24-42, 2020.
- HILLE, F.; RICHTER, H.; WONG, S. P.; BRATOVIČ, M.; RESSEL, S.; CHARPENTIER, E. The biology of CRISPR-Cas: backward and forward. **Cell**, v. 172, n. 6, p. 1239-1259, 2018.
- JANSING, J.; SACK, M.; AUGUSTINE, S. M.; FISCHER, R.; BORTESI, L. CRISPR/Cas9-mediated knockout of six glycosyltransferase genes in *Nicotiana benthamiana* for the production of recombinant proteins lacking β -1, 2-xylose and core α -1, 3-fucose. **Plant Biotechnology Journal**, v. 17, n. 2, p. 350-361, 2019.
- MOLINARI, H. B. C.; VIEIRA, L. R.; SILVA, N. V. e; PRADO, G. S.; LOPES FILHO, J. H. (ed.). **Tecnologia CRISPR na edição genômica de plantas: biotecnologia aplicada à agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 207 p.
- NEPOMUCENO, A. L.; FUGANTI-PAGLIARINI, R.; FELIPE, M. S. S.; MOLINARI, H. B. C.; VELINI, E. D.; PINTO, E. R. de C.; DAGLI, M. L. Z.; ANDRADE FILHO, G.; FERNANDES, P. M. B. Brazilian biosafety law and the new breeding technologies. **Frontiers of Agricultural Science and Engineering**, v. 7, n. 2, p. 204-210, 2020.
- SAMBROOK, J.; RUSSELL, D. W. **Molecular cloning, a laboratory manual**. 3rd ed. [Nova York]: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2001. 800 p.

SANDHYA, D.; JOGAM, P.; ALLINI, V. R.; ABBAGANI, S.; ALOK, A. The present and potential future methods for delivering CRISPR/Cas9 components in plants. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, v. 18, n. 1, p. 1-11, 2020.

YANG, J.; XING, G. J.; DU, Q.; SUI, L.; GUO, D. Q.; NIU, L.; YANG, X. D. Effects of different soybean genotypes on the transformation efficiency of soybean and analysis of the t-DNA insertions in the soybean genome. **Soybean Science**, v. 35, p. 562-567, 2016.

Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos basálticos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja

TONANI, V. H. V.¹; MACHADO, T. G. de J.²; GERMANO, M. G.³; KLEINERT, J. J.³, OLIVEIRA JUNIOR, A.³; OLIVEIRA, F. A. de³; CASTRO, C. de³

¹UEL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina-PR, victortonani@gmail.com; ²UTFPR, Bolsista FAPED; ³Embrapa Soja.

Introdução

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores de *commodities* agrícolas do mundo, tendo números consistentes sobre a produção de soja, café, milho, entre outros grãos. Principal produto agrícola do país, a soja somou uma produção de 124 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 3.032 kg ha⁻¹ e exportações que ultrapassam 70 milhões de toneladas (Conab, 2022). Nos últimos anos o rendimento da soja no Brasil tem crescido não só em função do maior potencial produtivo das cultivares, mas também pela melhoria do ambiente produtivo, com destaque para o manejo do solo (Oliveira Junior et al., 2020).

Um dos aspectos mais importantes para uma agricultura sustentável é o conhecimento da fertilidade do solo, além de suas características e limitações, para que intervenções sejam realizadas da maneira mais racional possível, evitando-se os desequilíbrios ambientais. A ferramenta mais importante para a adequada avaliação da fertilidade do solo é a análise química das diversas variáveis que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os valores obtidos para cada variável são indicativos do potencial de sucesso dos futuros plantios e possibilitam a indicação de medidas corretivas para a fertilidade do solo (Prezotti; Guarçoni, 2013).

Dentre as ações de manejo do solo, imprescindíveis para o sucesso agrícola, a correção da acidez e manutenção do pH do solo em níveis equilibrados representa um item prioritário e condicional para a melhor exploração da fertilidade do solo pelas plantas e eficiência de uso dos fertilizantes aplicados. A recomendação técnica de corretivos de acidez baseia-se na quantificação da acidez potencial (H + Al), atributo químico determinado pelo tamanho e

composição mineralógica e orgânica da fração argila do solo (Oliveira Junior et al., 2020). A acidez potencial representa a capacidade tampão do solo de resistência à mudança de pH. Para tal quantificação, utilizam-se métodos que consideram a atividade de íons hidrogênio (H^+), a presença de elementos químicos de reação ácida no solo (Al^{3+}) e a quantidade presente desses íons ligados covalentemente à matriz do solo (Bellinaso et al., 2013).

No Brasil, utiliza-se a solução tampão SMP ou acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 para a estimativa da acidez não trocável e trocável (potencial). A utilização do método padrão de acetato de cálcio 0,5 M (titulação colorimétrica) para a determinação de acidez potencial do solo apresenta algumas limitações, tais como: a difícil visualização do ponto de viragem do indicador durante a titulação, o elevado volume de solução extratora utilizado por amostra, o que resulta num aumento do custo da análise, elevado tempo de operação, dificultando a reprodutibilidade segura do processo. Inúmeros autores desenvolveram equações de regressão para estimar os valores de $H + Al$ em alguns estados brasileiros e concluíram que o método SMP é de fácil execução e produz estimativas com excelente correlação com o teor de $H + Al$ extraído pelo método do acetato de cálcio (Almeida Júnior et al., 2015). Assim, a partir de estudos regionalizados de calibração, vários Estados adotaram a solução tampão SMP (titulação potenciométrica) como método oficial. Apesar de ter sido inicialmente desenvolvido para determinar a necessidade de calagem, este método vem sendo amplamente empregado devido a sua praticidade, baixo custo e eficiência (Sambatti et al., 2003).

Para o estabelecimento como método oficial de determinação da acidez potencial em um Estado, em geral, as curvas de calibração precisam ser ajustadas para um conjunto que representa todas as classes de interpretação de solos daquele local, abrangendo amostras com grande diversidade de composição mineralógica e proporção da fração orgânica, a exemplo da metodologia aplicada aos solos do Paraná (Pavan et al., 1996). A fazenda experimental da Embrapa Soja, no entanto, apresenta grande uniformidade de solos, cujo material de origem é o basalto. Assim, o presente trabalho avaliou dois métodos para determinação da acidez potencial do solo, de modo a estimar a correlação entre o método padrão, que utiliza acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0 (Silva, 2009), e o método SMP (Shoemaker et al., 1961), para estabelecer uma curva de calibração ajustada para solos basálticos, que engloba os Latossolos Vermelhos férricos e Nitossolos.

Material e Métodos

Área experimental

O estudo foi realizado com 123 amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 - 10 cm (41), de 0 - 20 cm (41) e de 20 - 40 cm (41) na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, localizada na cidade de Londrina - PR (23°11'01"S, 51°10'36"O). As coletas foram realizadas com uso de trado holandês, sem repetições, em diversos pontos de áreas cultivadas e não cultivadas, coincidentes com os perfis complementares utilizados para o Levantamento e Classificação de Solos da Fazenda Santa Terezinha (Rauen; Potter, 1988).

Determinação da acidez potencial do solo por Acetato de Cálcio a 0,5 M (Padrão)

Para o controle da qualidade da determinação analítica, foi utilizada uma amostra de solo de referência da Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agronômicas (CELA-PR). Para a determinação da acidez potencial pelo método padrão de acetato de cálcio 0,5M, foi coletado o volume de 5 cm³ de cada amostra, a seguir transferidas para erlenmeyers de 125 mL. Para cada amostra, foram adicionados 75,0 mL da solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, seguidas de agitação manual e repouso por aproximadamente 18 horas, acompanhadas do branco. Após o período de repouso, foram retiradas alíquotas de 25 mL, que foram transferidas para erlenmeyers de 125 mL e tituladas automaticamente com hidróxido de sódio 0,025 mol L⁻¹, utilizando três gotas de fenolftaleína alcoólica a 10 g L⁻¹. O equipamento utilizado para as titulações foi a bureta Metrohm 775 Dosimat (Figura 1), acoplada ao amostrador automático FZ68-TRV (marca Fooze).

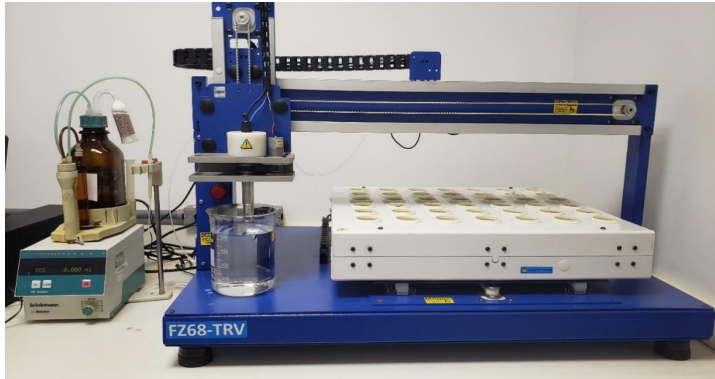


Figura 1. Bureta Metrohm 775 Dosimat acoplada ao Amostrador Automático Fooze FZ68-TRV

Determinação da acidez potencial do solo por SMP

Para cada amostra, foi coletado o volume de 8 cm³, a seguir transferidos para copos plásticos descartáveis de 80 mL. Uma solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ foi preparada, em cada amostra foram adicionados 20,0 mL da solução extratora, agitadas em mesa orbital durante 10 minutos a 220 rpm e mantidas em repouso por 30 minutos. Uma solução SMP foi preparada e verteu-se 4,0 mL da solução SMP em cada amostra, estas foram agitadas em mesa orbital durante 20 minutos por 220 rpm e deixadas em repouso por uma noite. Na manhã seguinte, foram agitadas por mais 10 minutos e mantidas em repouso por mais 30 minutos e em sequência, foi realizada a leitura do potencial hidrogeniônico com medidor de pH de bancada PG-2000 da marca Gehaka.

Tratamento Estatístico dos Dados

A estimativa de acidez potencial do solo para os dados da Fazenda Experimental da Embrapa Soja foi realizada por meio da análise de regressão entre os dados da titulação das amostras com Acetato de Cálcio e os dados de determinação de pH SMP. Foram utilizados os modelos de regressão linear, exponencial, logarítmica e polinomial (quadrática), utilizando-se o editor de planilhas Excel (Microsoft), para avaliar o modelo de curva de calibração com melhor ajuste.

Foi utilizado também o teste estatístico proposto por Leite e Oliveira (2002), para verificar a identidade entre os métodos avaliados. Os resultados obtidos para todas as amostras foram verificados por meio de três testes: (I) $F(H_0)$ para averiguar os estimadores do modelo de regressão linear b_0 e b_1 são iguais a 0 e 1; (II) o teste t, utilizado para o erro médio ($t_{\text{erro médio}}$), que avalia a possibilidade de variáveis que se relacionam na precisão do método em comparação e (III) análise do coeficiente de correlação linear (r_{yiyj}) em comparação do erro médio [$(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|$]. Com base nessas estatísticas, é proposta uma regra de decisão para o teste de hipóteses de identidade entre dois vetores quaisquer, ou seja, grupos de dados quantitativos. Dessa maneira, y_i e y_j são as variáveis em estudo e os métodos comparados são idênticos quando os resultados para os três testes forem:

$$\text{a) } F(H_0) = \text{ns}; \quad t_{\text{erro médio}} = \text{ns}; \quad [(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|] = \text{Sim}$$

$$\text{b) } F(H_0) = *; \quad t_{\text{erro médio}} = \text{ns}; \quad [(r_{yiyj}) \geq |1 - \text{erro médio}|] = \text{Sim}$$

Resultados e Discussão

Houve correlação significativa entre o valor do pH SMP e valor determinado de acidez potencial pelo método do acetato de cálcio 0,5 M, para os solos basálticos da fazenda experimental da Embrapa Soja. Os modelos matemáticos apresentaram correlação superior a 0,7 (Tabela 1), indicando ajuste adequado para a faixa de variação de acidez potencial destas classes de solo.

Correlação	Equação	R ²
Polinomial	$H + Al = -0,689(\text{pH SMP})^2 + 5,6458 (\text{pH SMP}) - 3,7178$	0,7891
Linear	$H + Al = -3,136 (\text{pH SMP}) + 24,169$	0,7823
Logarítmica	$H + Al = -19,84 \ln (\text{pH SMP}) + 40,895$	0,7766
Exponencial	$H + Al = 840,58e^{-0,839(\text{pH SMP})}$	0,7209

Tabela 1. Modelos de regressão ajustados para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja com suas respectivas equações e coeficientes de determinação.

A equação polinomial quadrática apresentou a maior correlação entre o H + Al e o pH SMP, com coeficiente de determinação (R²) de 0,7891 (Figura 2). Com a equação $H + Al = -0,6896 (\text{pH SMP})^2 + 5,6458 (\text{pH SMP}) - 3,7178$ foi

possível estimar a acidez potencial para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja.

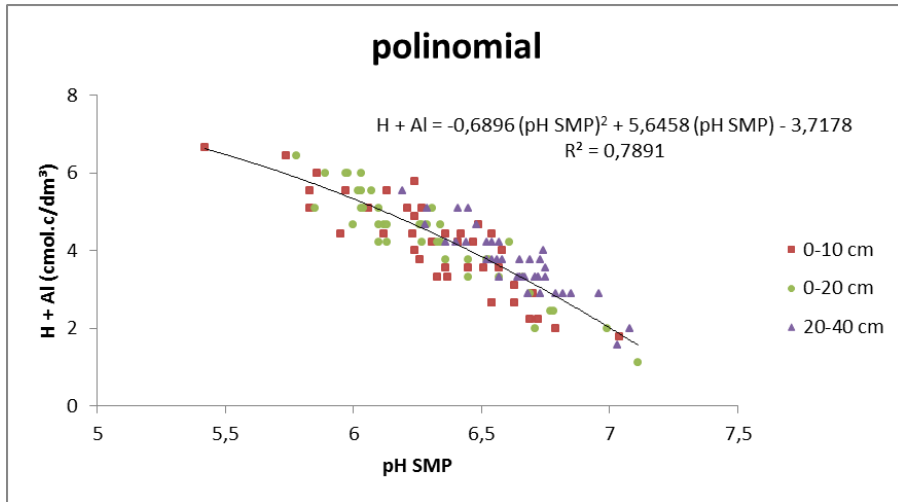


Figura 2. Relação entre acidez potencial (H + Al) extraídos com acetato de cálcio e pH SMP para solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja, Londrina-PR, 2022.

O teste proposto por Leite e Oliveira (2002) demonstrou que houve identidade estatística entre os métodos pH SMP e acetato de cálcio, tanto para a acidez potencial estimada utilizando-se a curva geral para o Estado do Paraná (Figura 3A), quanto para a acidez potencial determinada a partir da correlação polinomial (quadrática), calculada a partir da equação $H + Al = -0,6896 (\text{pH SMP})^2 + 5,6458 (\text{pH SMP}) - 3,7178$ (Figura 3B), ambas com nível de significância de 1% e 5%, com valores de R^2 de 0,9779 e 0,983, e coeficiente angular (a) de 0,9102 e 0,983, respectivamente. O teste demonstrou que os métodos apresentam equivalência e linearidade dentro da faixa de teores de acidez potencial analisada. A análise visual dos gráficos permite identificar a perda de sensibilidade do ajuste do modelo para o Paraná para os valores extremos de pH SMP das amostras. No entanto, o modelo específico para os solos de basalto manteve a linearidade e a precisão para todas as amostras, mesmo para os valores extremos de pH SMP.

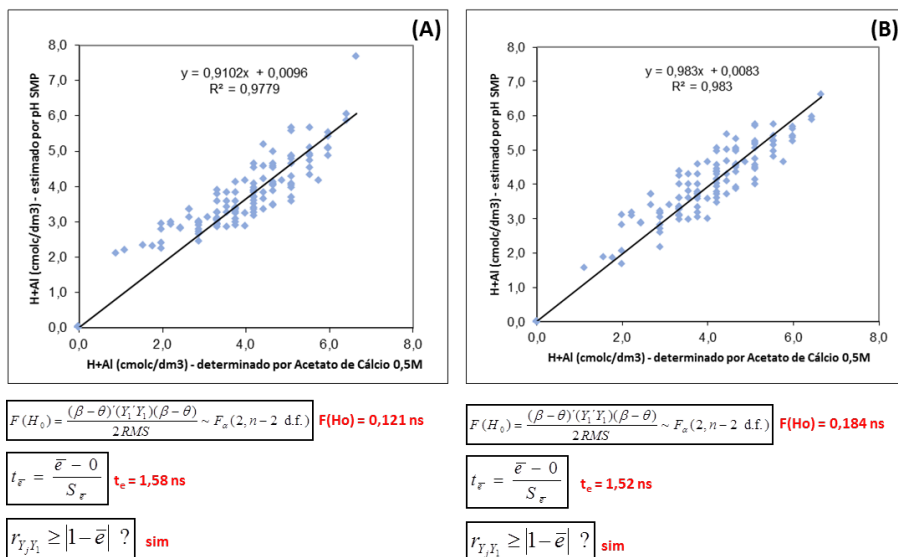


Figura 3. Modelos de regressão linear ajustados para as metodologias de determinação de acidez potencial, sendo o eixo x correspondente à determinação via acetato de cálcio 0,5M, e eixo y para a estimativa por pH SMP para os solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja.

Conclusão

O método do pH SMP pode ser utilizado para avaliação indireta da acidez potencial dos solos basálticos, com vantagens operacionais em relação à determinação por acetato de cálcio 0,5 M. O modelo matemático de regressão polinomial quadrático apresentou os maiores indicadores de ajuste estatísticos para os dados analisados. A acidez potencial (H + Al) das amostras de solos da Fazenda Experimental da Embrapa Soja deve ser estimada pelo método da solução tampão SMP, empregando-se a equação de regressão polinomial específica $H + Al = -0,6896 (\text{pH SMP})^2 + 5,6458 (\text{pH SMP}) - 3,7178$, que apresentou elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,7891$) e ausência de erros sistemáticos de predição.

Referências

- ALMEIDA JUNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, F. M. R. Potential acidity estimated by the pH SMP method in soils of the State of Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 767-773, 2015.
- BELLINASSO, R. J. S.; GONZATTO, R.; KAMINSKI, J.; SANTANNA, M. A.; TOLEDO, J. dos A.; PICCIN, R. Estimativa da acidez potencial pelo método de acetato de cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Ciência do solo: para quê e para quem: anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 4 p.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, v. 9, safra 2021/2022, n. 9, nono levantamento. Brasília, DF: Conab, jun. 2022. 99 p.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T de. Statistical procedure to test identify between analytical methods. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 7-8, p. 1105-1118, 2002.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; KLEPKER, D. Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 133-184. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).
- PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L.; MIYAZAWA, M. Determinação indireta da acidez extraível do solo (H + Al) por potenciometria com a solução-tampão SMP. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 39, p. 307-312, 1996.
- PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: INCAPER, 2013. 104 p.
- RAUEN, M. de J.; POTTER, R. O. **Levantamento detalhado dos solos da área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Soja - Londrina - PR**. Curitiba: EMBRAPA-SNLCS / Coordenadoria Regional Sul do SNLCS, 1988.
- SAMBATTI, J. A.; SOUZA JUNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S.; TORMENA, C. A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos da formação Caiuá - noroeste do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 257-264, 2003.
- SHOEMAKER, H. E.; MCLEAN, E. O.; PRATT, P. F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amount of extractable aluminum. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 25, p. 274-277, 1961.
- SILVA, F. C. da (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

Estratificação ambiental em ensaios de competição de híbridos de girassol na safra brasileira

OLIVEIRA, K. F. de¹; CARVALHO, C. G. P. de²; CARAFFA, M.³; FOLLMANN, D. N.⁴; GUERRA, E. P.⁵; RAMOS, N. P.⁶; AMABILE, R. F.⁷; ROSA, G. M. da⁸

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR, kawoliver23@gmail.com; ²Pesquisador, Embrapa Soja; ³Professor, Sociedade Educacional Três de Maio; ⁴Professor, Universidade Federal de Santa Maria; ⁵Professor, Universidade Estadual do Centro-Oeste; ⁶Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente; ⁷Pesquisador, Embrapa Cerrados; ⁸Professor, Universidade Federal de Santa Maria.

Introdução

A escolha adequada de uma cultivar é um dos principais componentes dos sistemas de produção. Essa escolha é dificultada quando há interação genótipos x ambientes do tipo complexa. Nesse caso, as melhores cultivares em um ambiente não necessariamente serão em outro, fazendo-se necessária a avaliação das mesmas em diferentes condições edafo-climáticas das regiões produtoras, de modo a melhor avaliar o comportamento agrônômico dessas cultivares (Dalchiavon et al., 2020; Santos et al., 2020). Por outro lado, quando não há interação genótipos x ambientes ou ela é do tipo simples, não ocorre inconsistência da superioridade de genótipos com a variação ambiental (Cruz; Carneiro, 2006) e, por consequência, não há a necessidade de realizar avaliação em vários locais.

No Brasil, a avaliação e seleção de cultivares de girassol é realizada por meio da Rede de Ensaio de Avaliação de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa e que conta com a participação de inúmeras empresas públicas e privadas (Carvalho et al., 2019; Carvalho et al., 2020). Essa rede avalia híbridos desenvolvidos por programas de melhoramento genético de várias empresas e requer tempo e elevados recursos econômicos, físicos e humanos. A identificação de padrões de similaridade de respostas de genótipos entre os ambientes disponíveis é fundamental para possibilitar o descarte de um desses ambientes e reduzir o custeio da rede, quando existem problemas técnicos ou escassez de recursos (Cruz; Carneiro, 2006).

O objetivo desse trabalho foi identificar ambientes de cultivo com padrões de similaridades de respostas de genótipos, por meio da estratificação ambiental em ensaios de competição de híbridos de girassol avaliados em diferentes locais na safra brasileira.

Material e Métodos

Foram avaliados dados de rendimento de grãos obtidos em ensaios pertencentes à Rede de Avaliação de Genótipos de girassol, coordenada pela Embrapa Soja. Os ensaios foram conduzidos na safra 2019/2020 no Espírito Santo do Pinhal (SP) (Ambiente 1), Frederico Westphalen (RS) (Ambiente 2), Guarapuava (Ambiente 3) (PR), Londrina (PR) (Ambiente 4) e Três de Maio (RS) (Ambiente 5) e na safra 2020/2021, em Guarapuava (PR) (Ambiente 6), Januária (MG) (Ambiente 7), Londrina (PR) (Ambiente 8), Santa Maria (RS) (Ambiente 9) e Três de Maio (RS) (Ambiente 10). Os híbridos avaliados foram BRS G62, BRS G63, BRS G64, BRS G65, BRS G66, BRS G67, BRS G68, BRS G69, BRS G70, BRS G71, BRS G72, BRS 323, AGUARÁ 06 e HELIO 250. Os três últimos foram avaliados como testemunhas dos ensaios.

O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições, sendo cada parcela constituída de quatro linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas de 0,7 m. As duas linhas externas e 0,5 m de cada extremidade das linhas centrais de cada parcela foram descartadas na colheita como bordaduras, obtendo-se uma área útil de 7,0 m². As semeaduras dos ensaios foram realizadas de modo manual com o auxílio de matracas, semeando 3 sementes por cova. O desbaste foi realizado 10 dias após a emergência, deixando-se uma planta por cova. Todos os tratos culturais recomendados foram realizados para possibilitar o melhor desenvolvimento das plantas, conforme Castro e Leite (2018).

As análises de variância foram realizadas para rendimentos de grãos mensurados em cada local e safra agrícola. Como nem sempre os locais de teste foram os mesmos nas duas safras agrícolas, uma análise conjunta de ambientes (local e safra agrícola específicos) foi realizada em esquema fatorial, a 1% e 5% de probabilidade. Para isto, verificou-se a existência de homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises individuais de ambientes sempre que a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual foi inferior

a sete (Pimentel-Gomes, 2009). Além disso, os ensaios que apresentaram coeficientes de variação (C.V.) superiores a 20% não foram considerados na análise conjunta (Carvalho et al., 2003; Pimentel-Gomes, 2009).

Para realizar a estratificação ambiental foi utilizado o método de agrupamento de ambientes com base no algoritmo de Lin (1982), que consistiu em estimar a soma de quadrados da interação entre híbridos e pares de locais, obtidas em nível de média de parcelas, e agrupar aqueles ambientes cuja interação foi não significativa a 1%, pelo teste F. A soma de quadrados entre genótipos (g ambientes) e n ambientes foi calculada por meio da expressão:

$$\theta(j^1 j^2 \dots j^n) = \frac{2}{n} (\theta^1 j^2 + \theta^1 j^2 + \dots + \theta^{n-1} j^n)$$

onde:

$\theta^1 j^2$ é a soma de quadrados entre genótipos e os ambientes j^1 e j^2 , calculada como $\theta^1 j^2 = \frac{1}{2} \left[d_{j^1 j^2}^2 - \frac{1}{g} (y_{\cdot j^1} - y_{\cdot j^2})^2 \right]$ e $d_{j^1 j^2}^2 = \sum (y_{j^1} - y_{j^2})$

Adicionalmente, a inclusão de novos locais a esse grupo foi realizada, quando a interação genótipos x locais foi significativa, mas do tipo simples, conforme Cruz e Castoldi (1991). Para isto, foi feita a decomposição do quadrado médio da interação em partes simples e complexa, sendo a parte complexa (C) expressa em percentagem pela seguinte fórmula:

$$C = \frac{100 \sqrt{(1-r) QMH_j QMH_{j'}}}{QM H x L_{j'}}$$

em que r é a correlação entre médias de um mesmo híbrido nos locais j e j' , QMH_j e $QMH_{j'}$ são os quadrados médios entre híbridos nos locais j e j' e $QM H x L_{j'}$ é o quadrado médio da interação entre híbridos e os locais j e j' . Incluiu-se um novo local no grupo de locais, cuja interação foi não significativa, quando a interação entre híbridos x pares de ambientes (novo ambiente e cada membro desse grupo) foi predominantemente de natureza simples, mesmo que a interação híbridos x ambientes tenha sido significativa nesse novo agrupamento.

Resultados e Discussão

Diferenças significativas ($p < 0,01$) entre genótipos e na interação genótipos x ambientes foram observadas na análise de variância conjunta para rendimento de grãos (Tabela 1), justificando a realização do estudo de estratificação ambiental para identificar possíveis ambientes de cultivo com padrões de similaridades de respostas de genótipos.

Tabela 1. Análise de variância de rendimento de grãos de híbridos de girassol avaliados em diferentes locais do Brasil, nas safras 2019/2020 e 2020/2021.

Fonte de variação	g.l.	Quadrado médio
Blocos/Ambientes	30	140.700,4
Genótipos	13	744.047,8**
Ambientes	9	1.8837.789,4**
Genótipos x Ambientes	117	367.965,4 **
Resíduo	390	83.571,2
C.V.		13,5
Média		2.140,4

Dentre as menores somas de quadrados entre genótipos e pares de locais foi a estimada para os ambientes 1 (Espírito Santo do Pinhal, SP - safra 2019/2020) e 7 (Januária, MG - safra 2020/2021) (Tabela 2), sendo constatada interação não-significativa pelo teste F ($p < 0,05$). Como houve interação não significativa entre genótipos x ambientes para esse par de locais, a avaliação em um deles já seria suficiente para o processo de seleção de híbridos na safra brasileira. Não foi possível inserir nenhum outro local neste grupo, que mantivesse a interação não significativa.

Tabela 2. Estimativas das somas de quadrados, obtidas em nível de média de parcelas, entre híbridos e pares de ambientes.

Locais ¹	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.155.045	739.553	1.156.144	783.221	973.622	418.086	306.173	1.131.428	1.025.657
2		2.138.807	2.123.702	3.708.699	2.121.503	2.208.491	2.118.207	2.759.670	2.389.442
3			1.566.073	722.832	1.219.036	160.471	867.184	633.502	819.067
4				2.308.525	585.723	1.093.248	843.682	862.486	589.847
5					1.799.051	579.222	813.324	1.249.025	1.602.071
6						658.960	938.549	1.049.223	675.302
7							533.974	547.720	521.728
8								704.862	981.848
9									630.934

¹ Ambiente: (1) Espírito Santo do Pinhal (SP) - safra 2019/2020; (2) Frederico Westphalen (RS) - safra 2019/2020; (3) Guarapuava (PR) - safra 2019/2020; (4) Londrina (PR) - safra 2019/2020; (5) Três de Maio (RS) - safra 2020/2021; (6) Guarapuava (PR) - safra 2020/2021; (7) Januária (MG) - safra 2020/2021; (8) Londrina (PR) - safra 2020/2021; (9) Santa Maria (RS) - safra 2020/2021 e (10) Três de Maio (RS) - safra 2020/2021.

Outro par de ambientes cuja interação entre genótipos x ambientes foi não significativa foi o que incluiu os ambientes 1 (Espírito Santo do Pinhal, SP - safra 2019/2020) e 8 (Londrina, PR - safra 2020/2021). Contudo, houve interação significativa o ambiente 1 e Londrina (PR), na safra 2019/2020 (Ambiente 4). Assim, não se pode descartar um desses locais na análise, pois houve mudança no comportamento dos genótipos frente a mudanças ambientais ocorridas entre safras agrícolas. O mesmo ocorreu entre Januária (MG) (Ambiente 7) e Guarapuava (Ambientes 3 e 6).

Foi verificado ainda a possibilidade de incluir outros locais nos grupos formados, cuja interação foi não significativa (ambientes 1 e 7, ambientes 1 e 8 e ambientes 3 e 7), quando a interação entre híbridos x pares de ambientes (novo ambiente e cada membro desse grupo) foi predominantemente de natureza simples, mesmo que a interação híbridos x ambientes tenha sido significativa nesse novo agrupamento. A Tabela 3 mostra a porcentagem da parte complexa em relação ao total da interação genótipos x pares de ambientes, estimada pela decomposição do seu quadrado médio (Cruz; Castoldi, 1991). Valores acima de 100% ocorreram nos casos em que a correlação das médias dos genótipos em dois ambientes foi negativa, conforme Cruz e Carneiro (2006).

Considerando o agrupamento dos ambientes 1 e 7, somente o ambiente 2 (Frederico Westphalen, RS - safra 2019/2020) apresentou interação simples com o ambiente 7 (32% de parte complexa), mas o ambiente 2 apresentou interação predominantemente complexa (55,5%) com o ambiente 5. Assim, o ambiente 2 não pode ser incluído no agrupamento dos ambientes 1 e 7. Considerando o agrupamento 1 e 8, todos os ambientes apresentaram interação predominantemente complexa (valores acima de 50%) com o ambiente 1 ou 8, não sendo possível serem inseridos nesse agrupamento. O mesmo ocorreu com o agrupamento com os ambientes 3 e 7).

Tabela 3. Valores percentuais da parte complexa resultantes da decomposição da interação entre híbridos e pares de ambientes.

Ambientes ¹	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	55,8	104,1	78,4	89,1	97,5	73,2	61,1	105,8	113,7
2		53,4	70,9	102,0	64,0	32,0	58,2	81,0	66,7
3			97,1	85,6	111,4	21,6	105,9	76,2	103,1
4				119,0	53,7	52,4	64,1	68,1	48,0
5					124,1	55,6	89,1	103,4	126,2
6						60,2	93,7	93,3	78,8
7							74,1	44,6	73,1
8								80,5	106,4
9									76,0

¹ Ambiente: (1) Espírito Santo do Pinhal (SP) - safra 2019/2020, (2) Frederico Westphalen (RS) - safra 2019/2020, (3) Guarapuava (PR) - safra 2019/2020, (4) Londrina (PR) - safra 2019/2020, (5) Três de Maio (RS) - safra 2020/2021, (6) Guarapuava (PR) - safra 2020/2021, (7) Januária (MG) - safra 2020/2021, (8) Londrina (PR) - safra 2020/2021, (9) Santa Maria (RS) - safra 2020/2021 e Três de Maio (RS) - safra 2020/2021.

Exceto para Espírito Santo do Pinhal (SP) (Ambiente 1) e Januária (MG) (Ambiente 7), a estratificação ambiental indicou que os híbridos avaliados nas safras 2019/2020 e 2020/2021 na Rede de Ensaios de Genótipos de Girassol, coordenada pela Embrapa Soja, mostraram comportamentos diferenciados nos locais de teste. Mesmo assim, para reduzir os custos da Rede, a avaliação no Espírito Santo do Pinhal (SP) ou em Januária (MG) pode ser suficiente na análise do desempenho produtivo de híbridos cultivados na safra brasileira.

Conclusão

A estratificação ambiental pode identificar locais com padrões de similaridades de respostas de genótipos, quando avaliados na safra brasileira.

Referências

- CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, K. F. de; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. de P. C.; OLIVEIRA, A. C. B. de; RAMOS, N. P.; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, L. M. de; BRIGHENTI, A. M. **Informes da avaliação de genótipos de girassol 2019/2020 e 2020**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 62 p. (Embrapa Soja, Documentos, 434).
- CARVALHO, C. G. P. de; OLIVEIRA, M. F. de; ARIAS, C. A. A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; VIEIRA, O. V. V.; TOLEDO, J. F. F. de. Categorizing coefficients of variation in sunflower trials. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 3, p. 69-76, 2003.
- CARVALHO, C. G. P. de; VILAS BOAS, C.; AMABILE, R. F.; GODINHO, V. de P. C.; OLIVEIRA, A. C. B. de; RAMOS, N. P.; CARVALHO, H. W. L. de; CARVALHO, L. M. de; BRIGHENTI, A. M. (ed.). **Informes da avaliação de genótipos de girassol 2018/2019 e 2019**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 87 p. (Embrapa Soja, Documentos, 421).
- CASTRO, C. de; LEITE, R. M. V. B. de C. Main aspects of sunflower production in Brazil. **Oilseeds & fats Crops and Lipids (OCL)**, v. 25, p. 2-11, 2018.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. 585 p.
- CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. Decomposição da interação genótipo x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v. 38, p. 422-430, 1991.
- DALCHIAVON, F. C.; SILVA, W. J. C. da; HIOLANDA, R.; VICARI, F. R.; CARVALHO, C. G. P. de. Agronomic performance of sunflower hybrids in the mid-northern region of Mato Grosso, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, p. 182-188, 2020.
- LIN, C. S. Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype-environment interaction mean-square. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 62, p. 277-280, 1982.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: Fealq, 2009. 451 p.

SANTOS, I. G. dos; CARNEIRO, V. Q.; SANT'ANNA, I. de C.; CRUZ, C. D.; CARVALHO, C. G. P. de; BORBA FILHO, A. B.; ALVES, A. D. Factor analysis and GGE biplot for environmental and genotypic evaluation in sunflower trials. **Functional Plant Breeding Journal**, v. 1, p. 29-40, 2020.

Efeito do silenciamento gênico de proteínas envolvidas no parasitismo de *Pratylenchus brachyurus*

PINTO, R. A. S.¹; NOMURA, R. B. G.²; HISHINUMA-SILVA, S. M.²; LOPES-CAITAR, V. S.³; DIAS, W. P.⁴; LOPES, I. de O. N.⁴; MARCELINO-GUIMARÃES, F. C.⁴

¹UEL, Departamento de Genética e Biologia Molecular, Londrina, PR; ²UEL, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia, Londrina, PR; ³Department of Plant Sciences, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, USA; ⁴Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

O nematoide *Pratylenchus brachyurus*, também conhecido como nematoide das lesões radiculares (Godfrey, 1929), é um endoparasita migrador e polífago, parasitando variados tipos de vegetais em qualquer estágio de vida (Lordello, 1984). Dentre as plantas hospedeiras, destacam-se importantes culturas agrícolas, como a soja, o milho, o algodão (Goulart, 2008). No caso da soja, estes nematoides penetram na região da raiz e estabelecem uma migração ativa nessa região, secretando efetores de parasitismo, além disso, não estabelecem um sítio de alimentação (Araújo Filho; Dallagnol, 2018).

O nematoide inicia a infecção pela inserção de seu estilete e secreção de diversas moléculas no interior da região da coifa. Dentre estas moléculas, destacam-se as proteínas efetoras envolvidas no parasitismo, que atuam na supressão da defesa do hospedeiro, visando facilitar o parasitismo e auxiliar o processo de penetração do estilete e migração do nematoide pela planta (Gheysen; Mitchum, 2011).

Medidas de controle, como o uso de nematicidas ou de cultivares apresentando resistência genética, tem sido ineficazes a este patógeno (Franchini et al., 2014). Por outro lado, estratégias de silenciamento gênico baseado na tecnologia de RNA de interferência (iRNA) constitui uma ferramenta promissora para o controle de muitas pragas e patógenos. A técnica de RNAi permite o desligamento da expressão de genes desencadeado por molécula de RNA de dupla fita (dsRNA) ou aberrantes (Fire et al., 1998) a partir de sua degradação. O sucesso desta metodologia no silenciamento de genes em diferentes espécies de nematoides, incluindo o gênero *Pratylenchus* já foi

reportada (Nomura, 2019). Em trabalhos prévios da Equipe, foi observada a capacidade de nematoides *P. brachyurus* assimilarem moléculas de dsRNA quando incubados em uma solução contendo o neuroestimulante octopamina, sendo que os níveis de RNA do gene PB6584 foi reduzido em pelo menos 35 % via soaking após 60 dias, confirmados por RT-qPCR (Nomura, 2019).

Neste trabalho o efeito do silenciamento gênico via *soaking* de três genes essenciais para o parasitismo de *P. brachyurus*: 0713 (Fatty acid and retinol binding protein), PB1953 (β -1,4-endoglucanase), PB6638 (Legumain protein enzyme), previamente identificados em estudos de transcriptoma, foi testado. Os resultados ratificam o potencial da tecnologia de iRNA no controle deste patógeno.

Material e Métodos

Seleção do gene alvo e síntese do RNA de dupla fita (dsRNA)

Os genes alvos analisados nesse projeto foram identificados por Lopes-Caitar (2018), em estudo que visou identificar genes do patógeno expressos durante o parasitismo com a soja. Três genes alvos, denominados 0713 (Fatty acid and retinol binding protein); PB1953 (β -1,4-endoglucanase); PB6638 (Legumain protein enzyme), tiveram sua expressão induzida durante o ciclo de *P. brachyurus* na soja via PCR quantitativo, em especial nas fases iniciais da infecção (Nomura, 2021). Como controle foi utilizado dsRNA similar a proteína green fluorescent protein (GFP). As sequências dos transcritos foram obtidas com base nas sequências do transcriptoma. As moléculas de dsRNA foram sintetizadas pela AgroRNA (Seul, Coreia do Sul).

Inóculos de *Pratylenchus brachyurus*

Os inóculos de *Pratylenchus brachyurus* foram cedidos pelo Laboratório de Nematologia do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-PR). O preparo do inóculo foi realizado pela coleta de amostras de raízes de quiabo, *Abelmoschus esculentus*, infestadas com os fitonematoides. Assim, foi utilizado a metodologia de Baermann (1917) para preparar o inóculo purificado apenas com *P. brachyurus*.

Fornecimento de dsRNA via *soaking*

A metodologia utilizada neste trabalho foi baseada no mecanismo de denominado “soaking”, o qual consiste na incubação dos fitonematoides em solução contendo as moléculas de dsRNA, para indução do silenciamento gênico dos genes analisados. Para o experimento, um total de 3.000 fitonematoides em estádios mistos foi utilizado, conforme descrito por Tabara et al. (1998) e adaptado por Tan et al. (2013). Os nematoides foram colocados em solução de 5 mL (3 ml de nematoides contendo, assim, 3000 fitonematoides totais), tampão M9 (43 milimol Na_2HPO_4 ; 22 milimol KH_2PO_4 ; 2 milimol NaCl ; 4,6 milimol NH_4Cl), os respectivos dsRNA (10 mg) e octopamina (50 milimol) sendo esse último um neuroestimulante que tem por função induzir a ingestão do dsRNA pelo fitonematoide. As concentrações utilizadas foram baseadas em experimentos já testados em outras análises, de acordo com (Nomura, 2021). Dessa forma, após o preparo das soluções com *P. brachyurus*, a solução foi enrolada em papel alumínio para evitar a exposição a luz, e incubada por 16 horas a 28° C. Como controle negativo foi utilizada a molécula dsRNA com similaridade a proteína green fluorescente protein (dsRNA-GFP).

Desenho Experimental e Análise estatística

O experimento foi instalado em um delineamento de blocos casualizados com 5 blocos, sendo avaliado 50 nematoides por bloco. Foram testados três genes alvo no tempo de incubação de 16 horas, sendo após este tempo os nematoides foram avaliados em lupa para avaliação de sua mobilidade. Em um segundo experimento, foi analisado apenas o gene dsRNA 1953 e o controle GFP após 6 horas e 8 horas de incubação. Este último foi um estudo exploratório para investigar se o gene que proporcionou maior redução na mobilidade do nematoide no primeiro bioensaio apresentaria proporções significativamente menores que o controle GFP em um menor tempo de exposição. Para a análise estatística, considerou-se o tempo de exposição como um fator de blocagem. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os procedimentos glimmix e sgplot do sistema SAS/STAT software (SAS Institute, 2016). O modelo estatístico adotado foi $M_{ij} = \mu + g_i + b_j + e_{ij}$, em que no primeiro ensaio $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ e $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$ e no segundo $i, j \in \{1, 2\}$, M_{ij} representou a proporção de mobilidade sob o gene i (g_i) no bloco j (b_j), μ a proporção média geral de mobilidade e e_{ij} a proporção de mobilidade não

explicada por gi ou bj , denominada erro experimental ou resíduo. Os parâmetros do modelo foram estimados assumindo-se que M é descrita pela distribuição binomial e que os efeitos que o explicam são aditivos. As validades dessas pressuposições foram verificadas por meio da distribuição dos resíduos, os quais foram aleatórios, independentes e seguiram a distribuição normal com média zero e variância σ^2 . A independência e a aleatoriedade foram verificadas graficamente, enquanto a normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p=0,309$ no 1º bioensaio e $0,0353$ no 2º bioensaio).

Resultado e Discussão

Após a exposição de 16 horas dos nematoides às moléculas de dsRNA similares a genes envolvidos no parasitismo, observou-se que a mobilidade foi afetada significativamente ($p<0.001$) na presença dos dsRNA similares aos genes PB1953 e PB6638, sendo observada a mobilidade de 7,5% e 46,99% no percentual de fitonematoides móveis comparados ao controle, conforme o Figura 1. Em contrapartida, nematoides em contato com o controle dsRNA-GFP tiveram uma mobilidade em torno de 66%. Sendo assim, esses percentuais indicam potencial silenciamento gênico desses alvos e, conseqüentemente, efeitos em sua mobilidade. Todavia, para o gene PB0713, não houve efeito na mobilidade dos fitonematoides. A análise estatística pode ser observada na Tabela 1.

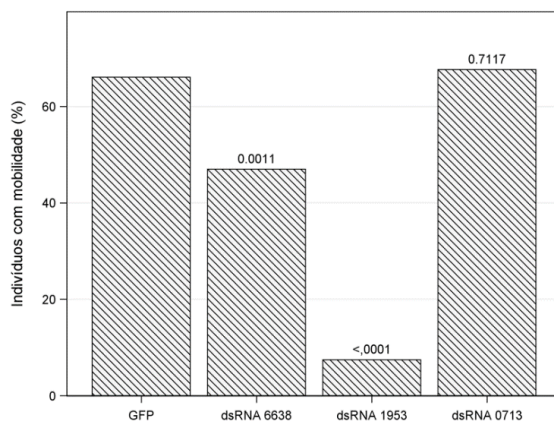


Figura 1. Efeito do soaking na mobilidade de *Pratylenchus brachyurus*, após 16 horas de contato com o dsRNA dos respectivos genes silenciados. Asteriscos indicam significância a 1% ($p<0,001$).

Tabela 1. Proporção estimada (\hat{p}) de mobilidade de fitonematoides após 16 horas de contato.

Gene	\hat{p}	$\hat{\sigma}_p$	dsRNA vs GFP Pr > t
GFP	0,661	0,0298	-
dsRNA 6638	0,470	0,0315	0,0011
dsRNA 1953	0,074	0,0165	<,0001
dsRNA 0713	0,677	0,0295	0,7117

Devido à elevada redução na mobilidade dos nematoides, causada pela incubação dos nematoides por 16h para o gene 1953, tempos menores de incubação também foram avaliados. Não houve redução significativa na mobilidade dos namatoides nos tempos de 6 e 8 horas de incubação

O gene efetor PB1953 codifica a proteína β -1,4-endoglucanase, a qual participa de forma efetiva no processo de parasitismo, atuando no rompimento da parede celular vegetal do hospedeiro (Baum et al., 2003). Portanto, esse gene efetor desempenha papel primordial na infecção da planta (Nomura, 2021), assim como, desempenha papéis imprescindíveis para o metabolismo basal de *P. brachyurus*, mesmo na ausência do hospedeiro (Abrahão-Neto et al., 1995). Adicionalmente, a enzima β -1,4-endoglucanase possui relação com a inibição das funções mitocondriais (Abrahão-Neto et al., 1995). Ademais, a repressão da transcrição do gene PB1953 acarreta em baixa concentração de oxigênio e baixa concentração de glicose em organismos como *Trichoderma reesei* (Abrahão-Neto et al., 1995). A expressão do gene da endoglucanase está intrinsecamente relacionada ao processo de respiração celular e a expressão dos genes celobiohidrolase I e engoglucanases que participam da catálise do material de reserva e promove a produção energética (Abrahão-Neto et al., 1995). O gene efetor PB6638 é transcrito em um RNAm para síntese de *Legumain*, uma proteína com capacidade de processar outras proteínas, isto é, clivagem e ligação a outras proteínas (Zauner et al., 2018). Essas proteínas são encontradas tanto nas vesículas lisossomais de animais, quanto no vacúolo de vegetais. Dessa forma, essas endopeptidases são consideradas hidrolases que atuam no rompimento das ligações peptídicas, assim como cofatores enzimáticos – para ativar determinadas enzimas (Enzymes... 1992; Rawlings et al., 2014). Além disso, essas proteínas possuem funções de degradação e maturação de proteínas, assim como, a

morte programada das células (Mosolov; Valueva, 2006). Esse gene auxilia no crescimento celular na fase G2 da interfase, regulando assim o crescimento celular através de sinais químicos de Ca^{2+} e regulando a proliferação das células SKHep1. O gene efetor PB0713, similar a proteína FAR-1, altera rotas metabólicas de síntese de lipídeos e ácidos graxos, que são precursores de hormônios vegetais, no hospedeiro (Rehman et al., 2009). Já foi demonstrado que o hormônio ácido jasmônico sofre interferência na sua síntese na presença da proteína FAR-1, visto que *P. brachyurus* acabam fixando os lipídeos constituintes desse fitormônio (Cheng et al., 2013; Iberkleid et al., 2015). Os dados de Takahashi e colaboradores (2004) indicaram como uma proteína de ligação a lipídios, FAR-1, pode regular as respostas de defesa dependentes de jasmonato para promover a suscetibilidade de raiz vegetal.

Conclusão

Pelos menos dois genes efetores (PB1953 e PB6638) analisados nesse trabalho estão potencialmente envolvidos em processos biológicos do fitonema-toide *P. brachyurus*, levando à uma redução da mobilidade destes fitoparasitas na presença de moléculas capazes de induzir o silenciamento gênico em ensaio de soaking. Foi demonstrado ainda que este animal apresenta uma maquinaria de silenciamento ativa, capaz de processar moléculas de dsRNA e induzir o silenciamento. O método de soaking se mostrou eficiente para o estudo da função de genes em *P. brachyurus*. Ensaios futuros são necessários para confirmar a ocorrência do silenciamento gênico baseada na redução dos níveis dos transcritos dos genes alvos. Neste trabalho, a ocorrência do silenciamento foi inferida de forma indireta, com base no efeito na mobilidade dos nematoides, comparativamente com o controle negativo (dsRNA-GFP).

Referências

ABRAHÃO-NETO, J.; ROSSINI, J.; EL-GOGARY, S.; HENRIQUE-SILVA, F.; CRIVELLARO, O.; EL-DORRY, H. Mitochondrial functions mediate cellulase gene expression in *Trichoderma reesei*. **Biochemistry**, v. 34, p. 10456-10462, 1995.

ARAÚJO FILHO, J. V. de; DALLAGNOL, L. J. Resistência de plantas a fitonematoides: importância, terminologia & aspectos biológicos. In: DALLAGNOL, L. J. (ed.). **Resistência genética**: de plantas a patógenos. Pelotas: Ed. UFPel, 2018. cap. 9, p. 394-436.

BAERMANN, G. Eine einfache method zur auffindung von ankvlostomum (Nematoden) larven in erdproben. **Natuurkundig tijdschrift voor Nederlandsch Indië**, v. 57, p. 131-137, 1917.

BAUM, T.; HUSSEY, R.; GAO, B.; ALLEN, R.; MAIER, T.; DAVIS, E. The parasitome of the phytoneatode *Heterodera glycines*. **Journal Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 16, n. 8, p. 720-726, 2003.

CHENG, X.; XIANG, Y.; XIE, H.; XU, C.-L.; XIE, T.-F.; ZHANG, C.; LI, Y. Molecular characterization and functions of fatty acid and retinoid binding protein gene (*Ab-far-1*) in *Aphelenchoides besseyi*. **PLoS One**, v. 8, n. 6, e66011, 2013. DOI:10.1371/journal.pone.0066011.

ENZYME nomenclature recommendations. London: IUBMB, 1992.

FIRE, A.; XU, S.; MONTGOMERY, K.; KOSTAS, S.; DRIVER, S.; MELLO, C. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. **Nature**, v. 19, n. 391, p. 806-811, 1998.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; SILVA, J. F. V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 274-278.

GHEYSEN, G.; MITCHUM, M. How nematodes manipulate plant development pathways for infection. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 14, n. 4, p. 415-421, 2011.

GODFREY, G. H. A. A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus*. **Phytopathology**, v. 19, p. 610-623, 1929.

GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematóides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 27 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 219).

IBERKLEID, I.; SELA, N.; MIYARA, S. B. Meloidogyne javanica fatty acid-and retinolbinding protein (*Mj-FAR-1*) regulates expression of lipid-, cell wall-, stress-and phenylpropanoid-related genes during nematode infection of tomato. **BMC genomics**, v. 16, n. 1, p. 272, 2015.

LOPES-CAITAR, V. S. **Estudos moleculares do patossistema *Glycine max-Pratylenchus brachyurus*: de estratégias de infecção do patógeno e de defesa do hospedeiro, à interação proteína-proteína**. 2018. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular de Plantas) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoídes das plantas cultivadas**. São Paulo: Nobel, 1984. 314 p.

MOSOLOV, V.; VALUEVA, T. Participation of proteolytic enzymes in the interaction of plants and phytopathogenic microorganisms. **Biochemistry**, v. 71, n. 8, p. 838-845, 2006.

NOMURA, R. B. G. **Análise funcional de candidatos a efetores de *Pratylenchus brachyurus* em soja via estratégias de RNAi e predição das proteínas-alvo no hospedeiro**. 2021. 169 f. Tese (Doutorado) - Genética e Biologia Molecular, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

NOMURA, R. B. G. **Padronização de metodologias para o estudo funcional de genes em *Pratylenchus brachyurus* e caracterização da proteína PB6584.1 envolvida no**

parasitismo. 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Genética e Biologia Molecular, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

RAWLINGS, N.; MORTON, F.; BARRETT, A. MEROPS: the peptidase database. **Nucleic Acids Research**, v. 42, p. 503-509, 2014.

REHMAN, S.; BUTTERBACH, P.; POPEIJUS, H.; OVERMARS, H.; DAVIS, E.; JONES, J.; GOVERSE, A.; BAKKER, J.; SMANT, G. Identification and characterization of the most abundant cellulases in stylet secretions from *Globodera rostochiensis*. **Phytopathology**, v. 99, p. 194-202, 2009.

SAS Institute. **SAS/STAT software**. versão 9.4. Cary: SAS Institute Inc., 2016.

TABARA, H.; GRISHOK, A.; MELLO, C. RNAi in *C. elegans*: soaking in the genome sequence. **Science**, v. 282, p. 430-433, 1998.

TAKAHASHI, H.; KANAYAMA, Y.; ZHENG, M.; KUSANO, T.; HASE, S. Antagonistic interactions between the SA and JA signaling pathways in Arabidopsis modulate expression of defense genes and gene-for-gene resistance to cucumber mosaic virus. **Plant Cell Physiology**, v. 45, p. 803-809, 2004.

TAN, J.-A. C.; JONES, M. G.; FOSU-NYARKO, J. Gene silencing in root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) significantly reduces reproduction in a plant host. **Experimental Parasitology**, v. 133, n. 2, p. 166-178, 2013.

ZAUNER, F.; DALL, E.; REGL, C.; GRASSI, L.; HUBER, C.; CABRELE, C.; BRANDSTETTER, H. A estrutura cristalina da legumaina vegetal revela um estado único de duas cadeias com Regulação da atividade dependente do pH. **Plant Cell**, v. 30, p. 686-699, 2018.

Perdas de área de produção de soja por erosão hídrica em microbacia hidrográfica de primeira ordem, quantificadas por meio de imagens aéreas de alta resolução

ROSA, C. N.¹; DIAS, P. H. A.²; BERALDO, V. F.²; VILLA, J. C.¹; DEBIASI, H.³; FRANCHINI, J. C.³; SANTOS, E. L. dos⁴

¹UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²UEL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ³Embrapa Soja, Londrina, PR; ⁴Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG, Cascavel, PR.

Introdução

A erosão hídrica, causada pelo escoamento superficial da água, é uma das principais formas de perda do potencial produtivo dos solos agrícolas. As principais consequências são a desagregação, transporte e deposição de solo das camadas superficiais, que é rico em nutrientes e matéria orgânica (MO) (Bertol et al., 2010; Barbosa et al., 2010), nos mananciais hídricos, causando prejuízos ambientais pela contaminação e assoreamento e econômicos decorrentes das perdas de produtividade e aumento nos custos com fertilizantes e corretivos para reconstrução da fertilidade das áreas atingidas (Dechen et al., 2015).

O escoamento superficial é resultante do excedente da água da chuva que não infiltrou no solo. Práticas agrícolas como mínimo revolvimento, plantas vivas, cobertura morta, rotação de culturas, semeadura em nível e sistemas de terraceamento bem dimensionados, contribuem para diminuir o escoamento. Nas últimas duas décadas, o sistema de produção de grãos, se intensificou, aumentando a produtividade por área, no entanto, também aumentou a pressão sobre a qualidade da estrutura do solo, afetando sua capacidade de manter o potencial produtivo ao longo do tempo. Concomitantemente, as máquinas e equipamentos agrícolas também evoluíram, permitindo ganhos de qualidade e produtividade das operações mecanizadas. Mas junto com o ganho de rendimento e qualidade operacional também houve o aumento do peso e do tamanho das máquinas. Com isso passou a existir um conflito entre as estruturas físicas para conservação e ordenamento do fluxo de água, os terraços, e as máquinas, principalmente as semeadoras e colhedoras. Isso deu início a um movimento que, com o tempo, ganhou força pela remoção e

ou redução destas estruturas, sob o falso argumento de que apenas o sistema de plantio direto (SPD) já seria suficiente para a conservação do solo e da água no sistema de produção.

A retirada sem critérios, o dimensionamento inadequado ou a falta de manutenção dos terraços, aliada a adoção de sistemas de produção pouco diversificados e com baixo aporte de biomassa de parte aérea e raízes, como as sucessões soja/milho 2ª safra e soja/trigo, que diminuem a taxa de infiltração de água no solo e ao aumento na frequência de eventos climáticos extremos, com altas taxas de precipitação em curtos intervalos de tempo, tem contribuído para o aumento no risco da ocorrência de erosão hídrica no Estado do Paraná.

Considerando que os processos erosivos são decorrentes de ações que transcendem os limites do talhão ou até mesmo da propriedade, é coerente uma análise considerando bacias ou microbacias hidrográficas, focando nos pontos críticos geradores de perdas de solo e água (Didoné et al., 2015). Quantificar as perdas por erosão ou analisar a fragilidade do sistema de conservação do solo e da água no âmbito de microbacia, considerando a variabilidade existente, pode subsidiar as tomadas de decisão para minimizar os problemas. Nesse contexto, o uso de imagens aéreas obtidas por drones pode auxiliar na identificação de pontos críticos de erosão existentes (Franchini et al., 2018) e auxiliar na avaliação dos sistemas implantados.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas de área de produção pela erosão hídrica e as perdas econômicas associadas, por meio do uso de imagens aéreas obtidas por drone em uma microbacia hidrográfica de primeira ordem, na região Norte do Paraná.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em uma microbacia de primeira ordem, localizada no município de Rolândia, na região Norte do Paraná. No mês de outubro de 2021 houve uma precipitação acumulada de 304 mm de chuva na região da microbacia, o que deu origem a um processo erosivo significativo na área. Os dados de precipitação pluvial durante a safra 2021/2022 (agosto a fevereiro) e do mês de outubro, coletados na estação meteorológica do IDR em Londrina, são apresentados nas Figuras 1A e 1B, respectivamente. Os dados

comprovam que as perdas de solo estariam associadas a precipitação acumulada no mês de outubro e particularmente à observada no dia 23/10/2021, que foi de 75 mm no período de 24 horas.

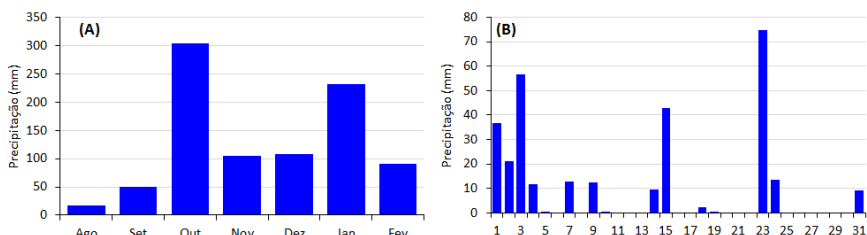


Figura 1. Precipitação pluvial mensal durante os meses de agosto de 2021 a fevereiro de 2022 (A) e diária no mês de outubro de 2021 (B).

Fonte: Simepar (2022).

No dia 10/02/2022, quando a soja já se encontrava no estágio fenológico R5.5, foram obtidas imagens aéreas da microbacia. As imagens foram capturadas por um VANT do tipo quadricóptero, modelo Mavic 2 Pro, da marca DJI®. O plano de voo foi elaborado no software Pix4D® (PIX4D, 2020), considerando uma altura de voo de 300 metros, 80% de sobreposição longitudinal e 60% na lateral. Foram obtidas 246 fotos, as quais foram processadas no software Agisoft PhotoScan Professional® (Agisoft, 2019). Como resultado do processamento, foi obtido um ortomosaico com resolução de 7,3 cm (Figura 2A) e o modelo digital de elevação (MDE) com resolução de 30 cm (Figura 2B).

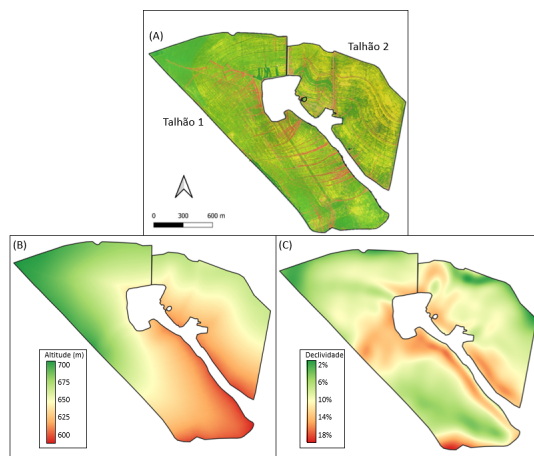


Figura 2. Ortomosaico (A) e mapas de altimetria (B) e declividade (C), obtidos a partir das imagens coletadas em 10/02/22 durante a safra 2021/2022 na microbacia de primeira ordem no município de Rolândia, Paraná.

O ortomosaico foi utilizado para calcular o índice MPRI (Modified Photochemical Reflectance Index), resultante da relação entre as bandas no comprimento de onda do verde e do vermelho (Franchini et al., 2018). O MPRI foi utilizado para determinar o limiar espectral para separação entre a cultura da soja e o solo exposto pelo processo erosivo, caracterizando os pontos de ocorrência de perdas de solo pela formação de sulcos nos talhões (Figura 3). O limiar foi utilizado para categorizar os resultados em duas classes: cultura da soja e solo exposto (erosão). Os dados classificados foram utilizados para calcular a área de erosão e a área da cultura. Os talhões que compõem a microbacia foram avaliados individualmente (talhão 1 com 102 ha e talhão 2 com 51 ha), totalizando 153 ha (Figura 2A).

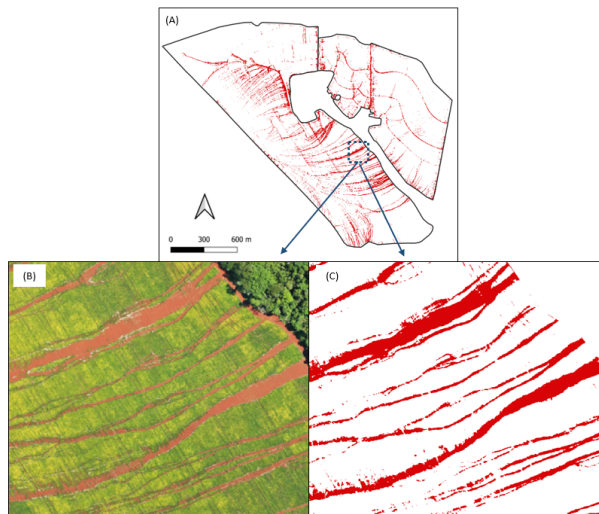


Figura 3. Classificação da microbacia (A) utilizando o limiar espectral para separação entre a cultura da soja e solo exposto pelo processo erosivo (B), caracterizando os pontos de ocorrência de perdas de solo pela formação de sulcos nos talhões (C).

O MDE foi utilizado para a construção da base de dados de altimetria (Figura 1B) e declividade (Figura 1C), por meio dos procedimentos descritos por Waldrich et al. (2020), utilizando os softwares QGIS (QGIS, 2020), VERPER (Minasny et al., 2006) e SURFER (Golden Software, 1999). As bases foram geradas no formato ASCII GRID com resolução de 1 m para permitir seu uso diretamente no software Terraço 4.1 (Pruski, 2009).

Por meio do software Terraço 4.1 foi dimensionado um sistema de terraceamento que atendesse a capacidade de armazenamento de água proveniente do escoamento superficial atendendo os seguintes parâmetros: a) período de retorno da chuva de projeto de 10 anos; b) tipo de terraço de base larga; c) taxa de infiltração de água do solo de 50 mm/h; d) espaçamento vertical de 6 metros; e) altura do terraço de 45 cm (Figura 4A). Foram utilizados os parâmetros de erosividade da chuva para a sede do município onde a bacia está localizada. As perdas econômicas associadas a perda dos insumos e do trabalho nas áreas erodidas, foram quantificadas com base nos valores do custo de produção total, produtividade de soja esperada para a região (55 sacas de 60 kg/ha) e preço da soja para o mês de fevereiro de 2021, segundo Paraná (2022).

Resultados e Discussão

O dimensionamento do sistema de terraceamento utilizando o software Terraço 4.1, de acordo com os parâmetros estabelecidos, é apresentado Figura 4A. Os terraços presentes na microbacia, determinados por inspeção visual do ortomosaico, podem ser observados na Figura 4B. A comparação entre as Figuras 4A e 4B permite observar que os terraços presentes atualmente na microbacia são descontínuos e em quantidade bem menor do que a determinada pelo dimensionamento utilizando o software Terraço 4.1. Esse comportamento é mais nítido no talhão 1, onde praticamente não há terraços, com a exceção da parte superior. No talhão 2, proporcionalmente, se observa maior número de terraços, porém, eles representam menos da metade do que foi indicado pelo sistema dimensionado. Desta forma, o número de terraços presentes na microbacia seria insuficiente para prevenir o escoamento superficial decorrente da precipitação acumulada observada no mês de outubro de 2021.

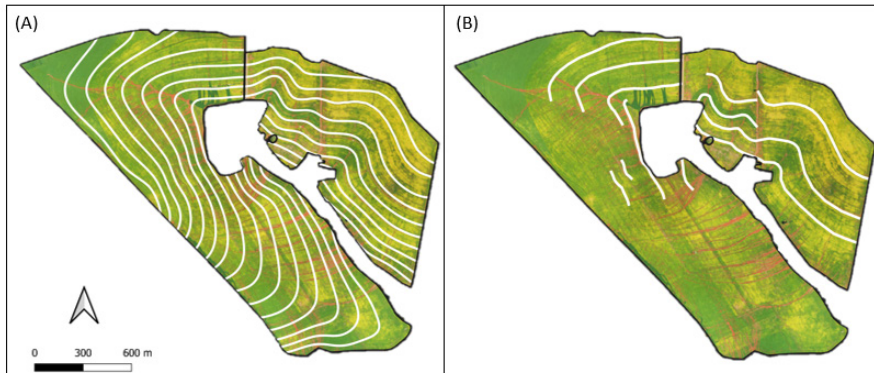


Figura 4. Configuração dos terraços projetados de acordo com os parâmetros estabelecidos (A) e terraços presentes na microbacia de primeira ordem (B) no município de Rolândia, Paraná.

O mapa de distribuição espacial dos dados classificados por meio do limiar espectral, utilizando o índice MPRI são apresentados na Figura 3A. Os dados classificados indicam que houve maior perda de solo no talhão 1 em relação ao talhão 2 (Tabela 1).

Com base nos dados classificados foram calculadas as perdas de área por erosão, em hectares e em percentual em relação a área dos talhões e da microbacia (Tabela 1). Utilizando os dados econômicos para o mês de fevereiro de 2021 foram calculadas as perdas econômicas por perda dos insumos e horas trabalhadas, expresso por meio do custo de produção total e as perdas associadas a soja não produzida nas áreas erodidas. As perdas de área por erosão e conseqüentemente de produção foram maiores no talhão 1 em relação ao talhão 2. Isso pode estar relacionado ao menor número de terraços observado no talhão 1 em relação ao talhão 2. Os terraços observados nos talhões estavam em número bem menor do que a necessidade prevista pelo projeto de dimensionamento, indicando que a retirada de terraços sem critério técnico pode implicar em prejuízos econômicos e ambientais significativos. Ressalta-se que não foram computados os custos para reconstrução da fertilidade do solo devido as perdas de solo e nutrientes pelo processo erosivo.

Tabela 1. Estimativa de área em hectares e percentual, atingida pelo processo erosivo e, perdas econômicas associadas a perda dos insumos e da soja não produzida nas áreas erodidas.

Classes	Área		Perdas econômicas*
	ha	(%)	
Talhão 1			
Erosão	8,1	7,9	R\$ 34.634,37
Soja	95,2	92,1	R\$ 84.975,87
Total	103,3		R\$ 119.610,24
Talhão 2			
Erosão	2,8	5,3	R\$ 11.895,36
Soja	49,6	94,7	R\$ 29.185,41
Total	52,4		R\$ 41.080,77
Microbacia			
Erosão	10,9	7,0	R\$ 46.529,73
Soja	144,8	93,0	R\$ 114.161,28
Total	155,8		R\$ 160.691,01

*custo de produção total R\$ 4.259,20 por ha; produtividade da soja de 55 sacas/ha e preço da saca de soja de R\$ 190,00.

Conclusão

O uso de imagens aéreas permite avaliar com precisão a ocorrência do processo erosivo em microbacias hidrográficas e auxiliar no diagnóstico e adequação dos sistemas de terraceamento implantados.

Referências

AGISOFT. **Agisoft Metashape software 1.5.5**, 2019. Disponível em: <https://www.agisoft.com/downloads/installer/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; LUCIANO, R. V.; PAZ-FERREIRO, J. Proporção e tamanho de sedimentos e teor de carbono orgânico na enxurrada e no solo para dois cultivos e duas formas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, n. 5, p. 1701-1710, 2010.

BERTOL, I.; VAZQUEZ, E. V.; GONZALEZ, A. P.; COGO, N. P.; LUCIANO, R. V.; FABIAN, E. L. Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um Nitossolo Háplico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 245-252, 2010.

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; MARIA, I. C. de. Losses and costs associated with water erosion according to soil cover rate. **Bragantia**, v. 74, p. 224-233, 2015.

DIDONÉ, E. J.; MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Quantifying soil erosion and sediment yield in a catchment in southern Brazil and implications for land conservation. **Journal of Soil and Sediments**, v. 15, p. 2334-2346, 2015.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; JORGE, L. A. de C.; DEBIASI, H.; DIAS, W. P.; GODOY, C. V.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CORREA, F. B.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Uso de imagens aéreas obtidas com drones em sistemas de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 39 p. (Embrapa Soja. Documentos, 408).

GOLDEN SOFTWARE INC. **Surfer for windows**, 1999. Disponível em: <https://www.goldensoftware.com/products/surfer>. Acesso em: 30 jun. 2020.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M. **Vesper 1.62**: spatial prediction software for precision agriculture. Sidney: ACPA, University of Sydney, 2006.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Custos de produção**. 2022. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/CustosProducao>. Acesso em: 05 jun. 2022.

PIX4D. **PIX4D capture software**. 2020. Disponível em: <https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture>. Acesso em: 30 jun. 2020.

PRUSKY, F. F. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: UFV, 2009. 279 p.

QGIS. **Geographic information system**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2020. Disponível em: <http://qgis.org>. Acesso em: 30 jun. 2020.

SIMEPAR - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. **O que você precisa?** 2022. Disponível em: http://www.simepar.br/site_pw/faleconosco/dadosacademicos-create. Acesso em: 05 jun. 2022.

Atração de *Euschistus heros* por diferentes compostos nitrogenados e armadilhas

AQUINO, L. T.¹; PAIVA, H. C.²; MACIEL, R. M. A.³; SILVA, D. M.⁴; BUENO, A. F.⁵

¹UniFil, Bolsista FAPED, Londrina, PR, luana.9@hotmail.com; ²Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina; ³Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná; ⁴Pós-doutorado - FAPED; ⁵Pesquisador, Embrapa Soja.

Introdução

Euschistus heros (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae), conhecido como percevejo-marrom é um fitófago nativo da Região Neotropical e com predominância na América do Sul e Panamá (Panizzi, 2004). No Brasil, ocorre nos principais estados produtores de soja (Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), afetando a produção desta leguminosa (Sosa-Gomez et al., 2009).

O percevejo-marrom é abundante nos meses de novembro a abril (Corrêa-Ferreira; Panizzi, 1999), possui um ciclo médio de 116 dias e se alimenta com maior intensidade a partir do terceiro instar de desenvolvimento (Panizzi et al., 2012). Na soja, o período crítico de ataque desta praga é no período reprodutivo entre R3 a R6, quando as vagens estão em formação e ocorre a maturação das sementes, respectivamente (Hoffmann-Campo et al., 2012). Ao se alimentar, esses insetos tornam os grãos chochos e enrugados, o que reduz, conseqüentemente, a produção e a qualidade dos grãos. Dessa forma, é importante e necessário seu controle na lavoura para evitar prejuízos (Panizzi; Slansky Junior, 1985).

O manejo dessa praga deve ter base em informações confiáveis. Para isso, o método de monitoramento recomendado na cultura da soja é o pano-de-batida, onde considera-se, como nível de controle dois percevejos $\geq 0,5$ cm (adultos ou ninfas grandes) por metro linear para a produção de grãos e apenas um percevejo para a produção de sementes (Bueno et al., 2013). Apesar de ser eficiente, esse método apresenta limitações, pois, além de consumir muito tempo do amostrador, requer mão-de-obra qualificada e, nem sempre, é aplicado da maneira correta o que impacta no desempenho e eficiência dos inseticidas.

A fim de aumentar a assertividade das tomadas de decisões, é necessário melhorar a capacidade de monitoramento da população de *E. heros*. Uma alternativa prática, viável e sustentável para isso é o uso de armadilhas com atrativos. Segundo Silva et al. (2014), o monitoramento de percevejo-marrom por meio de armadilhas com atrativos sexuais é mais eficaz do que o método convencional (pano-de-batida), já que, com as armadilhas é possível identificar a presença dessa praga logo no início da colonização na cultura.

Armadilhas do tipo “R. Bianco” são as mais utilizadas para a captura de percevejos em diversas culturas por serem de fácil acesso, já que são feitas com material reciclável (garrafa PET) e utilizam como atrativo soluções com urina bovina e tiveram sua eficácia comprovada como apontam estudos anteriores (Corrêa-Ferreira et al., 2014). Outra alternativa de armadilha é o modelo “Bola”, recentemente desenvolvida e produzida pela empresa Agribela® que, em busca de otimização e praticidade, produziu um atrativo nitrogenado sintético, em pó.

Visto a necessidade de outros métodos práticos, eficazes e que sejam viáveis para o monitoramento de percevejo-marrom na cultura, este trabalho tem como objetivo comparar a eficiência de captura de *E. heros* por armadilhas do tipo “R. Bianco” e do modelo “Bola”, utilizando diferentes compostos nitrogenados como atrativos.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Calderon, localizada na Água dos Cágados, município de Sertanópolis – PR (23° 10' 52" S – 51° 10' 11" O). O solo da região é do tipo Latossolo e fica na área da Mata Atlântica tendo como vegetação predominante as Florestas Pluviais.

A soja foi semeada em novembro de 2021, no sistema de plantio direto, com espaçamento de 0,50 m, com 12 sementes/metro e aplicação de 290 kg/ha de formulado NPK 8-20-20 no sulco de plantio. A cultivar utilizada foi a DM 66i68 IPRO, variedade com hábito de crescimento indeterminado e resistência ao acamamento.

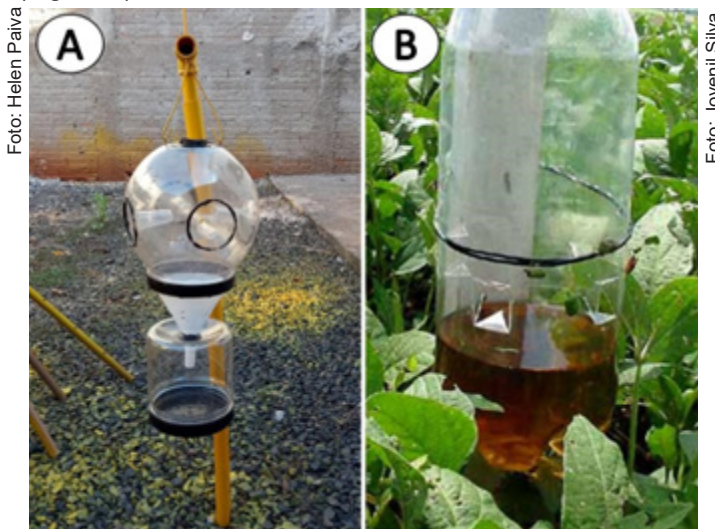
O presente estudo, foi composto por quatro tratamentos com quatro repetições, onde o tratamento 2 refere-se à testemunha, seguindo a distribuição demonstrada na Tabela 1. Em cada tratamento foram distribuídas oito armadilhas.

Tabela 1. Distribuição do tipo de armadilha e atrativo de acordo com cada tratamento.

Tratamento	Armadilha	Atrativo
1	R. Bianco	Solução com Urina Bovina
2	Testemunha	Testemunha
3	Bola	Composto nitrogenado sintético
4	Bola	Solução com Urina Bovina

As armadilhas do tratamento 1, foram confeccionadas utilizando garrafas PET transparentes de dois litros com cinco aberturas no terço médio da garrafa, modelo denominado como “R. Bianco”. No campo, estas armadilhas foram fixadas na altura do ponteiro das plantas de soja com o auxílio de estacas de madeira e barbante (Figura 1).

Já as armadilhas do tipo “Bola”, foram confeccionadas seguindo o padrão disposto pela empresa Agribela. Nestas são utilizados dois recipientes, um arredondado e um cilíndrico, e cinco funis. Quatro funis são colocados em aberturas feitas no recipiente arredondado e um maior funciona como uma ligação entre os dois recipientes, sendo que o recipiente arredondado fica sempre acima do cilíndrico e serve como suporte para o tubete que armazena o atrativo (Figura 1).

**Figura 1.** Armadilhas do tipo Bola (A) e R. Bianco (B).

A solução de urina é composta por urina bovina, sal de cozinha e água nas proporções de 3 litros, 500 gramas e 7 litros, respectivamente. O composto nitrogenado sintético, foi fornecido pela empresa Agribela® e não teve sua composição revelada até o momento.

Foram realizadas oito avaliações onde semanalmente os percevejos das armadilhas eram coletados e contabilizados e o monitoramento da população de pragas da área foi feito através de amostragens com pano de batida.

Ao constatar que seria necessário o controle de pragas, foi realizado uma aplicação com Lannate® (METOMIL – 215 g/L) na dose de 0,5 L/ha, Hero® (ZETA-CIPERMETRINA - 200 g/L + BIFENTRINA - 180 g/L) na dose de 200 mL/ha, Fox® (BIXAFEM – 125 g/L + PROTIOCONAZOL – 175 g/L + TRIFLOXISTROBINA – 150 g/L) na dose de 0,5 L/ha para o controle de doenças causadas por fungos e Cletodim® (CLETODIM – 240 g/L), na dose de 0,45 L/ha para o controle de plantas daninhas. As pulverizações ocorreram com o auxílio de um pulverizador autopropelido Case® Patriot 350.

Tratamento estatístico

Os dados foram submetidos à análise de normalidade de resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, a distribuição foi caracterizada como normal e os dados submetidos à análise de variância (ANOVA).

Resultados e Discussão

Os tratamentos testados não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 2) o que constatou que ambas as armadilhas possuem o mesmo potencial de captura de percevejos. Apesar disso, para decidir qual tratamento utilizar, deve-se levar em consideração a praticidade de manutenção das armadilhas e a oferta do atrativo, o que depende da região onde a cultura será inserida e a disposição de mão de obra qualificada.

Tabela 2. Número de *Euschistus heros* coletados em diferentes armadilhas e atrativos na cultura da soja.

Tratamento	Nº <i>Euschistus heros</i> coletados
1 (Armadilha PET com Urina bovina)	96,42 ± 4,61 ^{ns}
3 (Armadilha Agribela com Composto Agribela)	92,55 ± 4,91
4 (Armadilha Agribela com Urina bovina)	100,37 ± 6,82
Estatística	F = 0.0935 p = 0.9106

ns= ANOVA não significativa

O uso da urina como composto nitrogenado atrativo, por se tratar de um composto natural, pode apresentar um menor impacto ambiental e social, além de destinar algo que seria um resíduo animal a uma nova utilidade. Apesar disso, o uso do composto nitrogenado sintético, por ser diretamente entregue ao cliente e se tratar de um produto comercial, leva um certo conforto e praticidade ao produtor, mas, conseqüentemente, exige um maior investimento financeiro. Apesar da urina bovina ser financeiramente mais viável e não demonstrar diferenças significativas na atratividade de percevejo-marrom, o atrativo comercial é mais prático e de fácil reposição e manutenção.

Conclusão

As armadilhas do tipo R. Bianco são mais acessíveis por serem produzidas através de garrafas PET que, possivelmente, seriam descartadas. Já as armadilhas do tipo Bola exigem um maior investimento, seja para a compra dos materiais para a produção ou pela compra da armadilha pronta. Apesar de não diferir no potencial de captura de percevejos, deve-se levar em consideração o baixo custo e facilidade de produção. Portanto, as armadilhas R. Bianco mostraram-se mais viáveis.

Novos estudos verificando outros aspectos e regiões são necessários para determinar/ajustar o melhor método para o monitoramento de percevejo na cultura da soja através de armadilhas com atrativos nitrogenados.

Referências

- BUENO, A. de F.; PAULA-MORAES, S. V.; GAZZONI, D. L.; POMARI, A. F. Economic thresholds in soybean-integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. **Neotropical Entomology**, v. 42, n. 5, p. 439-447, 2013.
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999. 45 p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 24).
- CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; SEIXAS, C. D. S. **Captura de percevejos: armadilha com urina bovina**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 1 folder.
- HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 859 p.
- PANIZZI, A. R. Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae). In: CAPINERA, J. L. (ed.). **Encyclopedia of entomology**. Dordrecht: Kluwer, 2004. p. 1544-1545.
- 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. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 335-420.
- PANIZZI, A. R.; SLANSKY JUNIOR, F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **Florida Entomologist**, v. 68, n. 1, p. 184-215, 1985.
- SILVA, V. P. da; PEREIRA, M. J. B.; VIVAN, L. M.; MORAES, M. C. B.; LAUMANN, R. A.; BORGES, M. Monitoramento do percevejo marrom *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) por feromônio sexual em lavoura de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 11, p. 844-852, 2014.
- SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J.; LOPES, I. de O. N.; CORSO, I. C.; ALMEIDA, A. M. R.; MORAES, G. C. P.; BAUR, M. E. Insecticide susceptibility of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 102, n. 3, p. 1209-1216, 2009.

Fertilidade e qualidade do manejo do solo em modelos de produção de soja no norte e noroeste do Paraná

DIAS, P. H. A.¹; ROSA, C. N.¹; BERALDO, V. F.²; VILLA, J. C.²; FRANCHINI, J. C.³; BALBINOT JUNIOR, A. A.³; SANTOS, E. L. dos⁴; FURLANETTO, R. H.⁵; NUNES, E. da S.⁵; DEBIASI, H.³

¹UEL, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR; ²UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR.;

³Pesquisador, Embrapa Soja; ⁴Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG, Cascavel, PR.;

⁵Engenheiro Agrônomo, Cocamar Cooperativa Agroindustrial.

Introdução

Nas últimas duas décadas, o Paraná se consolidou como uma potência agrícola no contexto brasileiro e mundial, com uma produção de grãos que representa cerca de 15% do total produzido no Brasil (Conab, 2022). Parte considerável da produção paranaense de grãos provém de áreas localizadas no Norte e o Noroeste do Estado. Tomando como exemplo a safra 2020/2021, essas regiões foram responsáveis por aproximadamente 29%; 23% e 33% da produção estadual de soja, trigo e milho 2ª safra, respectivamente (Deral, 2022).

As regiões Norte e Noroeste do Paraná apresentam grande variação de clima, tipo de solo e altitude, o que proporciona grande diversidade de ambientes e determina a composição dos sistemas de produção, o potencial produtivo das culturas e a estabilidade de produção. Na região Norte, predominam solos de origem basáltica, de textura argilosa a muito argilosa, enquanto o Noroeste é caracterizado por solos arenosos e franco-arenosos, formados a partir do Arenito Caiuá (Bhering et al., 2007). Já a altitude varia, aproximadamente, de 350 a 1100 m na região Norte, e de 230 a 540 m no Noroeste (IAT, 2020). Em ambas as regiões, a ocorrência de períodos de secas durante as safras de verão e outono-inverno é frequente, sobretudo no Noroeste do Estado, que apresenta em geral maiores temperaturas, distribuição irregular de chuvas e solos arenosos.

A fertilidade integral do solo, resultante das interações entre os seus atributos físicos, químicos e biológicos, determina em grande parte a disponibilidade

e a eficiência de uso da água e dos nutrientes pelas plantas, influenciando assim a produtividade e a estabilidade de produção das culturas em resposta à ocorrência de estresses abióticos, como a seca. O sistema plantio direto (SPD), quando corretamente implantado e manejado, sobretudo no que se refere ao atendimento de suas premissas (mínimo revolvimento, cobertura permanente do solo e adoção de modelos de produção com elevada diversidade de culturas e aporte de palha e raízes), é uma das chaves para a construção da fertilidade integral do solo.

Para fins de estruturação de projetos de pesquisa, de estratégias de transferência de tecnologia e até mesmo de políticas públicas nesta linha, é muito importante conhecer a qualidade do manejo e a fertilidade integral do solo em escala regional. Ao longo do tempo, essas informações podem ser sistematizadas em uma base de dados georreferenciada, permitindo mapear as potencialidades e limitações de cada região. Assim, os objetivos deste trabalho foram: 1) diagnosticar a qualidade do manejo e a fertilidade do solo (indicadores físicos e químicos) em glebas agrícolas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná, buscando identificar fatores relacionados ao solo que limitam a produtividade; e 2) avaliar o impacto de modelos de produção aprimorados, com maior diversidade de espécies vegetais e aporte de palha e raízes, sobre a fertilidade do solo.

Material e Métodos

Foram selecionadas 43 áreas agrícolas pertencentes a 19 municípios do Norte e Noroeste do Paraná, agrupadas em quatro sub-regiões definidas, tendo como base a localização geográfica, o material de origem do solo e a altitude, características que determinam, em grande parte, os sistemas de produção adotados e o potencial de produtividade (Tabela 1). Das 43 áreas amostradas, 22 foram monitoradas em 2018/2019 e 21 em 2019/2020.

Tabela 1. Localização e caracterização dos modelos de produção e do preparo do solo (últimas três safras) utilizados nas 43 áreas agrícolas avaliadas no Norte e Noroeste do Paraná, safras 2018/2019 e 2019/2020.

Área (A)	Município	Sequência de culturas ⁽¹⁾		Safr avaliada	Modelo de produção	Preparo do solo ⁽⁴⁾
		Inverno ⁽²⁾	Verão			
Noroeste Arenito com altitude < 500 m						
A1	Ângulo	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Não
A2	Floraí	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Não
A3	Iporã	Ruz	Soja	2018/2019	Aprimorado	Não
A4	Iporã	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Gradagem
A5	Jussara	Milho (2 safras) Milho + Ruz (1 safra)	Soja	2018/2019	Aprimorado	Não
A6	Cianorte	Ruz (2 safras) Ruz+ CroO (1 safra)	Soja	2019/2020	Aprimorado	Escarificação
A7	Iporã	Ruz		2019/2020	Aprimorado	Não
A8	Cianorte	Milho		2019/2020	Padrão	Não
A9	Iporã	Milho		2019/2020	Padrão	Gradagem
Noroeste Basalto com altitude < 600 m						
A10	Floraí	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Gradagem
A11	Floraí	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Gradagem
A12	Floraí	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Não
A13	Jussara	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Não
A14	Mandaguaçu	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Não
A15	São Jorge do Ivaí	Milho + Ruz/Aveia preta	Soja	2018/2019	Aprimorado	Gradagem

Continua...

Tabela 1. Continuação.

A16	Maringá	Milho + Ruz (2 safras) Trigo (1 safra)	Soja	2019/2020	Aprimorado	Não
A17	Maringá	Milho + Mix	Soja	2019/2020	Aprimorado	Não
A18	Jussara	Milho (1 safra) Trigo (2 safras)	Soja	2019/2020	Padrão	Escarificação
A19	Maringá	Milho	Soja	2019/2020	Padrão	Não
Norte Baixo com altitude < 500 m						
A20	Primeiro de Maio	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Escarificação
A21	Primeiro de Maio	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Escarificação
A22	Primeiro de Maio	Milho (1 safra) Milho + Ruz (2 safras)	Soja	2018/2019	Aprimorado	Não
A23	Sertanópolis	Milho (2 safras) Milho/Milheto (1 safra)	Soja	2018/2019	Aprimorado	Gradagem
A24	Sertanópolis	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Gradagem
A25	Sertanópolis	Milho	Soja	2018/2019	Padrão	Gradagem
A26	Bela Vista do Paraíso	Milho + Ruz	Soja	2019/2020	Aprimorado	Não
A27	Santa Mariana	Milho + Ruz	Soja	2019/2020	Aprimorado	Não
A28	Bela Vista do Paraíso	Milho	Soja	2019/2020	Padrão	Escarificação
A29	Santa Mariana	Milho	Soja	2019/2020	Padrão	Escarificação
A30	Sertaneja	Milho	Soja	2019/2020	Padrão	Escarificação
A31	Sertaneja	Milho (2 safras) Trigo (1 safra)	Soja	2019/2020	Padrão	Não

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Norte Alto com altitude > 650 m							
A32	Santa Cecília do Pavão	Trigo	Soja	2018/2019	Padrão	Gradagem	
A33	Santa Cecília do Pavão	Trigo	Soja	2018/2019	Padrão	Não	
A34	Santa Cecília do Pavão	Trigo	Soja	2018/2019	Padrão	Gradagem	
A35	São Sebastião Amoreira	Trigo	Soja	2018/2019	Padrão	Não	
A36	São Sebastião Amoreira	Milho (2 safras) Milho + Ruz (1 safra)	Soja		Aprimorado	Não	
A37	Cambira	Aveia	Soja	2019/2020	Aprimorado	Não	
A38	Rolândia	Milho-milheto (1 safra) Trigo (1 safra) Ruz + Nabo (1 safra)	Soja	2019/2020	Aprimorado	Não	
A39	Rolândia	Ruz	Soja (2 safras) Milho (1 safra)	2019/2020	Aprimorado	Não	
A40	Rolândia	Trigo (1 safra) Milho + Ruz (2 safras)	Soja	2019/2020	Aprimorado	Não	
A41	Apucarana	Trigo	Soja	2019/2020	Padrão	Escarificação	
A42	Apucarana	Trigo (1 safra) Milho (2 safras)	Soja	2019/2020	Padrão	Gradagem	
A43	Arapongas	Milho	Soja	2019/2020	Padrão	Gradagem	

(¹) Refere-se à sequência de culturas nas três safras antecedentes à safra avaliada (²) Ruz = braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*); CroO= *Crotalaria ochroleuca*; Mix = nabo pé de pato + nabo forrageiro + aveia preta + aveia branca + centeio (³) Relativo as três safras antecedentes à safra avaliada.

A coleta de amostras e as avaliações de campo para determinação dos indicadores de fertilidade e qualidade de manejo do solo foram realizadas cerca de 30 dias após a emergência das culturas de verão. Para a avaliação física, foram determinados o índice de qualidade estrutural do solo (IQES), por meio do Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo - DRES (Ralisch et al., 2017), e a taxa de infiltração estável de água no solo (TIE), com o uso do infiltrômetro de Cornell (Seratto et al., 2019), em oito pontos por gleba. Como indicadores de fertilidade química, foram utilizados a saturação por bases (V%) e os teores de fósforo (P), potássio (K) e matéria orgânica do solo (MOS), determinados conforme Teixeira et al. (2017) em amostras de solo compostas por cinco subamostras coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade em quatro pontos por gleba. A cobertura do solo com palha foi determinada em quatro pontos por área. A superfície do solo foi delimitada por uma armação metálica de 0,5 m de lado (0,25 m² de área) e primeiramente fotografada com câmera digital. Em seguida, a cobertura vegetal morta contida no interior da armação foi coletada e acondicionada em sacos de papel. As imagens digitais foram processadas por meio do software Siscob (Jorge; Silva, 2009), determinando-se assim a porcentagem de cobertura do solo com palha. Já as amostras de palha foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65° C por 72 h e pesadas, sendo os valores convertidos em t/ha. Todos os indicadores foram enquadrados em cinco classes de interpretação (muito bom, bom, regular, ruim e muito ruim), conforme critérios da Tabela 2.

Para comparação entre as médias de dois grupos de áreas, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney (teste U), a 5% de probabilidade de erro. Quando a comparação envolveu três ou mais grupos de áreas, as médias foram comparadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Limites inferiores e superiores das classes de interpretação estabelecidas para os dois indicadores de qualidade física do solo.

Indicadores ⁽¹⁾	Argila (%)	Classe de interpretação				
		Muito Ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito Bom
TIE mm h ⁻¹	-	< 20,0	20,0-39,9	40,0- 59,9	60,0-79,9	≥ 80,0
IQES	-	< 2,0	2,0-2,9	3,0-3,9	4,0-4,9	5,0-6,0
P, mg dm ⁻³	< 40	≤ 6,0	6,1-12,0	12,1-18,0	18,1-24,0	> 24,0
K, cmol _c dm ⁻³	≥ 40	≤ 3,0	3,1-6,0	6,1-9,0	9,1-12,0	> 12,0
	< 40	≤ 0,05	0,06-0,10	0,11-0,15	0,16-0,20	> 0,20
MOS, g kg ⁻¹	≥ 40	≤ 0,10	0,11-0,15	0,16-0,25	0,26-0,35	> 0,35
	< 40	≤ 10	11-15	16-20	21-30	> 30
V%, %	≥ 40	≤ 20	21-28	29-35	36-42	> 42
	< 40	≤ 30	31-40	41-50	51-60	> 60
Cobt, t ha ⁻¹	≥ 40	≤ 40	41-50	51-60	61-70	> 70
	-	< 2,0	2,0-3,9	4,0-5,9	6,0-7,9	≥ 8,0
Cob%, %	-	≤ 45	46-60	61-75	76-90	≥ 90

⁽¹⁾ TIE = taxa de infiltração estável de água no solo; IQES = índice de qualidade estrutural do solo, obtido a partir do diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES; P, K e MOS = teores de fósforo, potássio e matéria orgânica do solo, respectivamente; V% = saturação por bases; Cobt = massa seca de resíduos culturais sobre o solo; Cob% = porcentagem de cobertura do solo por restos culturais.

Resultados e Discussão

A ampla maioria das áreas agrícolas avaliadas apresentou teores de P e K (0-20 cm) nas classes “bom/muito bom” (Figura 1), evidenciado que a adubação com esses macronutrientes tem sido suficiente ou mesmo acima das quantidades requeridas pelas culturas. Por outro lado, o valor médio de V% foi classificado como “bom/ muito bom” somente em 11 áreas (25,6%), indicando que as demais 32 áreas (74,4%) necessitam de calagem na camada de 0-20 cm. Considerando o critério da V% (Oliveira Junior et al., 2020), a necessidade média de calagem (PRNT 100%) nessas áreas foi de 2,0 t/ha, variando entre 0,7 a 3,97 t/ha. Esse cenário de V% inferior ao considerado ideal para potencializar a produtividade se repetiu de forma similar nas quatro regiões avaliadas.

Teores adequados de MOS na camada de 0-20 cm foram observados em apenas cinco áreas, o que equivale a 12% do total amostrado (Figura 1). Os teores de MOS foram mais limitantes nas regiões Noroeste Arenito e Noroeste Basalto, onde 89% e 80% das áreas foram classificadas como “ruim/muito ruim”, o que é justificado, principalmente, pelos menores teores de argila e as maiores temperaturas médias anuais destas regiões. Os resultados indicam que a adição de material orgânico vegetal (palha e raízes) nas regiões Norte e Noroeste do Paraná não é suficiente para proporcionar acúmulo de MOS, fato agravado pelo uso de operações de preparo do solo em 20 das 43 áreas avaliadas (Tabela 1), o que acelera a decomposição do material orgânico. A MOS é um dos principais componentes da fertilidade do solo, por determinar diversos atributos e processos físicos, químicos e biológicos (Bayer; Mielniczuk, 2008). Portanto, o fato de 38 das 43 áreas avaliadas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná (88%) apresentarem teores de MOS inferiores ao ideal é preocupante, apontando para a necessidade de utilização de modelos de produção com maior aporte de palha e raízes, juntamente com eliminação de operações de preparo do solo sem critério técnico.

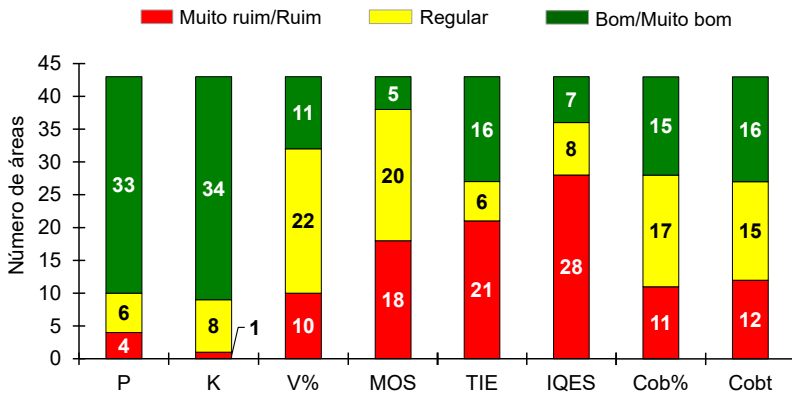


Figura 1. Número de glebas agrícolas amostradas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná, agrupadas nas diferentes classes de interpretação para indicadores de qualidade do manejo e fertilidade química e física do solo.

A cobertura do solo foi outro fator limitante na maioria das áreas avaliadas, reforçando a necessidade de fomento à adoção de modelos de produção com maior aporte de palha. A massa (Cobt) e a porcentagem (Cob%) de cobertura foram consideradas abaixo do ideal (“regular” ou “ruim/muito ruim”) em 31 e 32 áreas, respectivamente, o que representa cerca de 75% das situações amostradas. Não foi observada relação entre os valores de Cobt e Cob% e a região, sendo o grau de limitação desse fator similar entre elas. Ressalta-se que a cobertura do solo é essencial para a redução da erosão e das perdas de água por evaporação, contribuindo ainda para o controle de plantas daninhas e para a modulação da temperatura do solo (Debiasi et al., 2015).

A TIE e o IQES foram enquadrados nas classes “ruim” ou “muito ruim” em 21 e 28 áreas (Figura 1), respectivamente, o que representa 49% e 65% dos casos, respectivamente. Como a TIE e o IQES se complementam, a proporção de áreas em que pelo menos um desses indicadores foi crítico é a informação chave para um panorama mais realístico a respeito do grau de limitação imposto pela degradação física nas regiões Norte e Noroeste do Paraná. Nesse contexto, das 43 áreas avaliadas, em 32 (74,4%) pelo menos um dos dois indicadores foi classificado como “ruim/muito ruim”, evidenciando assim que a degradação da estrutura do solo é o problema mais grave relacionado ao manejo do solo nas regiões Norte e Noroeste do Paraná. Essa condição diminui o crescimento radicular, reduz a eficiência de uso dos fertilizantes e

limita a disponibilidade de água e oxigênio às raízes, o que se reflete negativamente sobre a produtividade das culturas especialmente em anos secos e/ou com excesso de chuvas (Bertollo et al., 2021). A degradação estrutural também favorece as perdas de água e solo por erosão, com impactos negativos sobre o ambiente e a produtividade (Didoné et al., 2015).

A V% e os teores de P e MOS não foram influenciados pelos modelos de produção (teste U de Mann-Whitney, $p < 0,05$). No caso da MOS, a ausência de efeito positivo da maior adição de palha e raízes nos modelos aprimorados pode ser atribuída, principalmente, ao pouco tempo de adoção de tais modelos, insuficiente para que as alterações fossem detectadas. Já os teores de K foram significativamente maiores nos modelos aprimorados ($0,38 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), comparativamente ao padrão ($0,32 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sendo os efeitos mais evidentes nas áreas de textura arenosa do Noroeste Arenito ($0,15$ e $0,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ nos modelos padrão e aprimorado, respectivamente). Os maiores teores de K nos modelos aprimorados estão provavelmente relacionados à redução das perdas por erosão (Dechen et al., 2015) e à maior ciclagem do nutriente das camadas subsuperficiais associada à sua rápida liberação da palhada para o solo (Werner et al., 2020). Os modelos aprimorados proporcionaram ainda melhorias significativas na cobertura do solo. Em média, os valores de Cobt e Cob% aumentaram de $4,6 \text{ t ha}^{-1}$ e 52% nos modelos padrão para $7,0 \text{ t ha}^{-1}$ e 83% nos modelos aprimorados.

Para as áreas sem preparo do solo nos três anos anteriores às avaliações, a utilização de modelos de produção aprimorados, com maior diversidade biológica e aporte de palha e raízes melhorou a fertilidade física do solo, proporcionando aumentos significativos nos valores de TIE (+128%) e IQES (+65%) (Figura 2). Considerando os valores médios, as áreas sob modelos aprimorados foram enquadradas nas classes “bom” e “regular” para a TIE e o IQES, respectivamente, enquanto que os modelos padrão foram qualificados como “ruim” para ambos os indicadores. Adicionalmente, 70% e 100% das áreas que adotam os modelos padrão apresentaram valores de TIE IQES na classe “ruim/muito ruim”, respectivamente. Para os modelos aprimorados, a proporção de áreas na classe “ruim/muito ruim” foi de 23% e 8% para a TIE e o IQES, respectivamente. Nas áreas com preparo do solo, os valores de TIE e IQES não foram influenciados pelos modelos de produção, por isso apenas a média dessas duas condições consta da Figura 2. Tanto a TIE quanto o

IQES nas áreas submetidas a preparo do solo apresentaram valores similares às áreas sem preparo que utilizam modelos de produção padrão. Assim, fica evidente que a construção de um perfil de solo com adequada fertilidade estrutural está associada à adoção de modelos de produção com maior diversidade de espécies vegetais e elevados aportes de material vegetal (palha e raiz) e ao não revolvimento do solo, conforme destacado por Debiasi et al. (2015) e Bertollo et al. (2021).

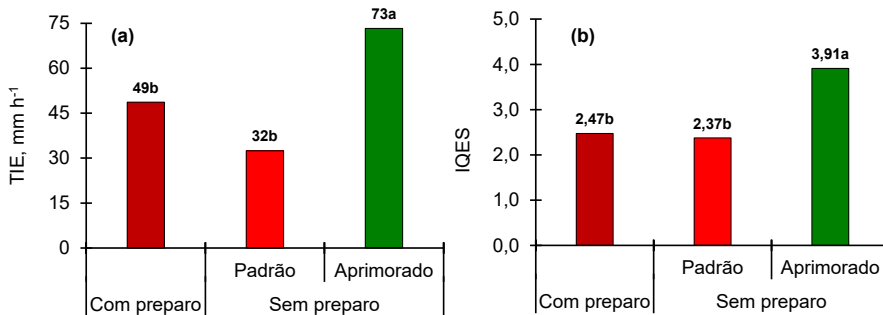


Figura 2. Valores médios de taxa de infiltração estável de água (TIE) (a) e do índice de qualidade estrutural do solo (IQES) (b), em áreas agrícolas das regiões Norte e Noroeste do Paraná (safras 2018/2019 e 2019/2020) sob modelos de produção padrão ou aprimorados, com ou sem preparo do solo. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$).

Conclusão

A degradação da estrutura, a baixa cobertura e a acidez excessiva são os principais fatores críticos associados à qualidade do manejo do solo que limitam a produtividade das culturas e estabilidade de produção nas regiões Norte e Noroeste do Paraná.

A adoção de modelos de produção com maior diversidade de espécies vegetais e maior aporte de palha e raízes, em conjunto com a ausência de revolvimentos de solo desnecessários, melhoram a estrutura e proporcionam maior cobertura do solo.

Referências

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O. (org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 7-18.
- BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T.; FRANCHINI, J. C.; SOLTANGHEISI, A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H. Precrops alleviate soil physical limitations for soybean root growth in an Oxisol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 206, 104820, 2021. 11 p.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P. de; POTTER, R. O.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 73 p. (Embrapa Solos. Documentos, 96).
- CONAB. **Séries históricas das safras**. [2022]. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 27 jun. 2022.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 60 p. (Embrapa Soja. Documentos, 366).
- DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. de F.; DE MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v. 74, p. 224-233, 2015.
- DERAL - DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. **Estimativa de safra**. [2022]. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/system/files/publico/Safras/pss.xls>. Acesso em: 14 jun. 2022.
- DIDONÉ, E. J.; MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Quantifying soil erosion and sediment yield in a catchment in southern Brazil and implications for land conservation. **Journal of Soil and Sediments**, v. 15, p. 2334-2346, 2015.
- IAT - INSTITUTO ÁGUA E TERRA. **Folhas topográficas do Estado do Paraná 1:50.000**. [2020]. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-geoespaciais-de-referencia>. Acesso em: 12 maio 2021.
- JORGE, L. A. de C.; SILVA, D. J. da C. B. **SisCob**: manual de utilização. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. 18 p.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; OLIVEIRA, F. A. de; KLEPKER, D. Fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. p. 133-184. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).
- RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. da S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. da S.; DE BONA, F. D. **Diagnóstico rápido da estrutura do solo - DRES**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 63 p. (Embrapa Soja. Documentos, 390).

SERATTO, C. D.; FRANCHINI, J. C.; SERATTO, F. R.; DEBIASI, H.; SANTOS, E. L.; CONTE, O.; MORALES NETO, S.; BRISCHILIARI, V. **Infiltrômetro de aspersão de Cornell aperfeiçoado**: aspectos construtivos, operacionais e de manutenção. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 67 p. (Embrapa Soja. Documentos 424).

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. P. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

WERNER, F.; FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; SILVA, M. A. de A. Nitrogen, phosphorus, and potassium released by decomposition of palisade grass to soybean in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e01853, 2020.

Embrapa

Soja

