

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

GEAN AUGUSTO VESSELOVITZ

**USO DE RESISTÊNCIA GENÉTICA E FUNGICIDAS NO CONTROLE
DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2020

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

GEAN AUGUSTO VESSELOVITZ

**USO DE RESISTÊNCIA GENÉTICA E FUNGICIDAS NO CONTROLE
DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2020

GEAN AUGUSTO VESSELOVITZ

**USO DE RESISTÊNCIA GENÉTICA E FUNGICIDAS NO CONTROLE
DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin

PATO BRANCO

2020

Vesselovitz, Gean Augusto.
Uso de resistência genética e fungicidas no controle da ferrugem
asiática da soja / Gean Augusto Vesselovitz.
Pato Branco. UTFPR, 2020
46 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Giovani Benin
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,
2020.

Bibliografia: f. 37- 45

1. Agronomia. 2. soja. 3. Ferrugem da soja. 4. Fungicidas I. Benin,
Giovani. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de
Agronomia. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**USO DE RESISTÊNCIA GENÉTICA E FUNGICIDAS NO CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA**

por

GEAN AUGUSTO VESSELOVITZ

Monografia apresentada às 14 horas 00 min. do dia 29 de junho de 2020 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

M.Sc. Daniela Meira

PPGAG-PB UTFPR - Doutoranda

Eng. Agr. Antônio Henrique Bozi

PPGAG-PB UTFPR - Mestrando

Prof. Dr. Giovani Benin

UTFPR *Campus Pato Branco*
Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour

Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus Pato Branco-PR*, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

A minha família, meus amigos e minha companheira que me acompanharam nessa jornada e sempre me apoiaram para conquistar meus sonhos. Lhes dedico este trabalho como forma de retribuição pelo apoio e incentivo a mim conferido.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela saúde conferido a mim. Aos meus pais, que me ensinaram os valores da vida, principalmente a honestidade e humildade. Além do suporte conferido nos momentos mais difíceis nessa jornada. A minha irmã pelo apoio e inspiração, além da contribuição nas atividades diárias aos meus pais enquanto estava ausente. Aos meus amigos que fiz durante a universidade e se tornaram minha família. E a minha companheira pelo apoio, compreensão e incentivo a alcançar meus sonhos.

Agradeço aos meus mentores, que contribuíram para minha formação, em especial ao professor Giovani Benin, pela orientação, paciência e inspiração para realização deste trabalho. A Daniela Meira e Antônio Henrique Bozi pelo tempo dedicado a aprimorar este trabalho, através das correções e experiência repassado.

A GDM genética, em especial ao Maicol de Mattos e Bernardo Zanardo pela parceria e apoio na execução deste trabalho. Além do conhecimento adquirido nesta vivencia.

O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho.

Abraham Lincoln

RESUMO

VESSELOVITZ, Gean Augusto. Uso de resistência genética e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. 46 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

A soja é o principal produto agrícola do país. Contudo o potencial produtivo é constantemente ameaçado por complexos de doenças da cultura. Com maior destaque a ferrugem asiática da soja (FAS), causado pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*. A principal forma de controle da doença é uso de fungicidas. A dependência desse método resultou em um aumento de custo de produção, devido ao aumento do número de aplicações decorrente da baixa eficiência dos fungicidas ao longo do tempo. Frente a isso, empresas do âmbito de melhoramento genético de soja, vem buscando desenvolver cultivares com níveis eficientes de tolerância/resistência. Diante disso, este trabalho foi conduzido com objetivo de realizar o controle da FAS por meio do uso de cultivares tolerantes, integrado ao controle químico da doença. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições, em esquema bifatorial (cultivares X tratamentos). Foram utilizadas uma cultivar suscetível (BMX Delta 59I60 RSF IPRO) uma cultivar registrada como tolerante a FAS (TMG7063 IPRO INOX®) e duas linhagens tolerantes, pertencentes ao banco de germoplasma da empresa GDM Seeds. Foram utilizados seis tratamentos. Tratamento 1 (controle) não foi realizado aplicações de fungicidas na parte aérea; tratamento 2 (propiconazol+difeconazol) foi priorizado o controle de doenças de final de ciclo (DFC); tratamentos 3 e 5 [(Protioconazol+trifloxistrobina) e (Benzovindiflupyr+Picoxistrobina)] com quatro e três aplicações, respectivamente em cada tratamento; tratamentos 4 e 6 [(ciproconazol+trifloxistrobina) e (ciproconazol+Picoxistrobina)] com quatro e três aplicações, respectivamente em cada tratamento. Os genótipos TMG 7063, GDM1 e GDM2 retardam o progresso da FAS. No tratamento controle observou-se maior incidência em todos os genótipos. Não ocorreu evolução da doença nas linhagens GDM. Já nas cultivares BMX Delta e TMG 7063, verificou maior evolução nos tratamentos controle e manejo de DFCs. Observou-se maior nível de desfolha no genótipo suscetível. Os genótipos BMX Delta, TMG 7063 e GDM1 apresentaram incremento significativo de produtividade nos tratamentos com fungicidas em relação a testemunha. A produtividade da linhagem GDM2 não foi alterada com os tratamentos empregados, evidenciando a tolerância dessa linhagem de soja à FAS.

Palavras-chave: Soja. Ferrugem da soja. Fungicidas.

ABSTRACT

VESSELOVITZ, Gean Augusto. Use of genetic resistance and fungicides to control asian soybean rust. 46 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

Soybean is the main agricultural product. However, the productive potential is constantly threatened by soybean disease complexes. Most notably asian soybean rust, caused by the *Phakopsora pachyrhizi*. The main form of disease control is the use of fungicides. The dependence on this method resulted in an increase in production costs, due to the increase in the number of applications due to the low efficiency of the fungicides over time. Thus, companies in the field of soybean genetic improvement, have been seeking to develop cultivars with efficient levels of tolerance/resistance. Therefore, this work was carried out with the objective of carrying out soybean rust control through the use of tolerant cultivars, integrated with the chemical control of the disease. A randomized complete block experimental design was carried out, with three replicates, arranged in bifactorial scheme (cultivars X treatments). One susceptible cultivar (BMX Delta 59I60 RSF IPRO), one cultivar registered as rust tolerant (TMG7063 IPRO INOX®) and two tolerant soybean lines, of belonging to the germplasm bank of the company GDM Seeds, were used. Six treatments were used. In treatment 1 (control), fungicide applications weren't applied; treatment 2 (propiconazole + difeconazole) prioritized control end of season diseases; treatments 3 and 5 [(Protioconazole + trifloxystrobin) and (Benzovindiflupyr + Picoxystrobin)] with four and three applications, respectively in each treatment; treatments 4 and 6 [(ciproconazole + trifloxystrobin) and (ciproconazole + Picoxystrobin)] with four and three applications, respectively in each treatment. The genotypes TMG 7063, GDM1 and GDM2 the progress of soybean rust. In the control treatment, a higher incidence was observed in all genotypes. There wasn't evolution of the disease in the GDM lineages. In the cultivars BMX Delta and TMG 7063, there was a greater evolution in the control and management treatments end of season diseases. A higher level of defoliation was observed in the susceptible genotype. The genotypes BMX Delta, TMG 7063 and GDM1 showed a significant increase in productivity in treatments with fungicides in relation to the control. The productive of the lineage GDM2 wasn't altered with the treatments used, showing the tolerance of this soybean line to soybean rust.

Keywords: Soybean. Soybean rust disease. Fungicides.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Médias de temperatura máxima, média e mínima em Graus Celcius (°C), umidade relativa em porcentagem (%) e precipitação em milímetros (mm) registradas no município de Pato Branco-PR, durante a condução do experimento (novembro a abril de 2019), UTFPR campus Pato Branco-PR..... 19
- Figura 2 – Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem asiática da soja (*Glycine max*). UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.....22
- Figura 3 – Escala diagramática para avaliação da desfolha na cultura da soja. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020..... 23
- Figura 4 – Evolução da incidência de ferrugem asiática da soja para genótipos de soja e os tratamentos químicos empregados no controle da FAS. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020..... 26
- Figura 5 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para as cultivares BMX Delta IPRO (a) e TMG 7063 IPRO (b), em função dos tratamentos químicos de controle, na safra de 2018/2019 em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.....27
- Figura 6 – Avaliação visual de desfolha das plantas de soja devido a FAS, realizada no estadio R5.5, nos genótipos BMX Delta IPRO, TMG 7063 IPRO, GDM1 e GDM2 em função dos tratamentos químicos de controle, na safra de 2018/2019 em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.....29
- Figura 7 – Número de dias do florescimento a maturação (A), número de dias da emergência a maturação (B), peso de mil grãos (C), rendimento de grãos (D), nos genótipos BMX Delta IPRO, TMG 7063 IPRO, GDM1 e GDM2 em função dos tratamentos químicos de controle, na safra de 2018/2019 em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.....31

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resultado da análise química do solo. M.O. obtida por digestão úmida; P, K, Cu, Fe e MN extraídos com solução de Mehlich -1; pH em CaCl 1:2,5. Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCL 1mol L⁻¹. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.....19
- Tabela 2 – Descrição dos tratamentos químicos no controle da ferrugem asiática da soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 20
- Tabela 3 – Resumo da análise da variância (ANOVA) para Incidência e área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) de genótipos de soja com resistência genética fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....25
- Tabela 4 – Resumo da análise da variância (ANOVA) para as variáveis: desfolha (DESF); dias da emergência ao florescimento (DEF), dias do florescimento a maturação fisiológica (DFM); dias da emergência a maturação fisiológica (DEM); número de vagens por planta (NVP), peso de mil sementes (PMS); rendimento de grãos (REND) em experimento com quatro cultivares de soja e seis tratamentos com fungicidas para o controle de FAS. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020..... 29
- Tabela 5 – Dias da emergência ao florescimento (DEF). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.....31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 GERAL.....	14
2.2 ESPECÍFICOS.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.....	15
3.2 RESISTÊNCIA GENÉTICA A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.....	16
3.3 CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA.....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	19
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	20
4.3 CARACTERES AVALIADOS.....	22
4.4 ANÁLISE DOS DADOS.....	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
6 CONCLUSÕES.....	35
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] faz parte do conjunto de atividades de maior destaque no mercado nacional e internacional, sendo a principal *comodity* agrícola do agronegócio e economia brasileira (CASTRO *et al.*, 2015). O Brasil é maior exportador do grão no mundo, com participação de 56% da receita total, seguido por Estado Unidos com 29% do total (OMC, 2019).

Atualmente o Brasil é o maior produtor e o principal exportador mundial de soja. Na safra 2019/2020 a área plantada aumentou 2,7%, alcançando 36.843,6 milhões de hectares, com produção de 120.424,0 milhões de toneladas e produtividade de 3269 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Os programas de melhoramento genético proporcionaram a chegada de novas cultivares, possibilitando essas altas produtividades (MATEI *et al.*, 2017). Diversos caracteres agronômicos como período juvenil, hábito de crescimento, ciclo, resistência a doenças e insetos, rendimento biológico, índice de colheita, número de vagens por planta, taxa fotossintética e tolerância ao complexo de acidez no solo, foram modificados ao longo dos anos de melhoramento (TOLEDO *et al.*, 2006; TODESCHINI, 2018).

Contudo, atualmente o potencial produtivo alcançado pelo conjunto da eficiência das práticas de manejo e melhoramento genético, estão constantemente ameaçadas pela evolução das doenças que prejudicam a produção (ARIAS, 2004). Já foram relatadas 47 doenças na cultura da soja (YORINORI, 1997). Dentre elas, destaca-se a ferrugem asiática, cujo agente etiológico é o fungo *Phakopsora pachyrhizi*. Os principais sintomas da doença são nas folhas, caracterizado por pequenas pústulas de coloração castanha que causam desfolha precoce, comprometendo a formação e enchimento de vagens e o peso final dos grãos (YANG *et al.* 1991; TRENTINI *et al.*, 2017). A ferrugem asiática tem potencial de causar perdas de 30 a 75% em lavouras comerciais, dependendo da virulência do patógeno, época de plantio e região de cultivo (KLOSOWSKI *et al.*, 2016; MOURA *et al.*, 2016; DALLA LANA *et al.*, 2018). Em uma análise de dados históricos, Dalla Lana *et al.* (2015) observaram uma redução de até 18 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos a cada ponto percentual de severidade. No Brasil, durante a safra de 2013/2014, o custo do controle chegou a 2,2 bilhões de dólares, sendo realizado três

aplicações de fungicidas, com perspectivas de aumento para os próximos cultivos, devido ao aumento do número de aplicações (REIS *et al.*, 2017). No controle da ferrugem asiática, são recomendadas estratégias como: seguir vazio sanitário; utilizar cultivares com gene de resistência, quando disponíveis; realizar semeadura no início da época recomendada; utilizar cultivares precoces; e realizar aplicações de fungicida (GODOY *et al.*, 2017; DUHATSCHEK *et al.*, 2018).

Atualmente, a aplicação de fungicidas é o principal método de controle da ferrugem asiática. Porém, a dependência do uso de fungicidas resultou no aumento dos custos de produção. Em um estudo recente, Dalla Lana *et al.* (2018) relataram redução significativa na eficiência de fungicidas, dos grupos de triazóis e estrubirulinas, após o quarto ano de uso. Frente ao exposto, a adoção de cultivares tolerantes, em programas integrados de controle com fungicidas, destaca-se como uma alternativa para o controle eficaz da doença, tanto no âmbito ambiental quanto financeiro.

Diante disso, este trabalho tem objetivo realizar o controle da ferrugem asiática da soja por meio do uso de cultivares tolerantes, integrado ao controle químico da doença.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar o desempenho das cultivares tolerantes a *Phakopsora pachyrhizi*, e diferentes tratamentos de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja.

2.2 ESPECÍFICOS

Verificar as respostas de diferentes genótipos de soja suscetíveis e tolerantes a ferrugem asiática da soja quanto ao progresso da doença nos tratamentos com aplicações de fungicidas, realizadas em diferentes estádios de desenvolvimento da soja;

Comparar tratamentos fitossanitários e momento da primeira aplicação, quanto ao controle da ferrugem asiática e incremento da produtividade, de acordo com a suscetibilidade/tolerância das cultivares;

Sugerir programas de manejo agronomicamente mais eficientes de acordo com a suscetibilidade/tolerância das cultivares.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

A ferrugem asiática da soja (FAS) tem como agente causal *Phakopsora pachyrhizi*, pertencente ao filo Basidiomycota, classe Basidiomycetes, ordem Uredinales e família Phakopsoraceae (REIS; CASA, 2012). Foi referenciada pela primeira vez na China e em seguida no Japão em 1902, denominado como epidemia severa nas regiões tropicais da Ásia por volta de 1914, constada em Porto Rico em 1976 (VAKILLI; BROMFIELD, 1976). Já no ano de 1990 a ferrugem chegou no continente africano, inicialmente em países próximos à fronteira com a Ásia, se espalhando até chegar em 2001 na África do Sul (KAWUKI *et al.*, 2004; LEVY, 2005). A ferrugem atravessou o oceano e chegou no Havai em 1994, confirmando a primeira incidência no continente americano (KILLGORE; HEU, 1994). O primeiro relato na América do Sul da presença da FAS foi no Paraguai em março de 2001 (MOREL, 2001). Dois meses depois foi confirmada no Brasil (CONSTAMILAN *et al.*, 2002; REIS *et al.*, 2002).

Os sintomas iniciais da doença são pequenas lesões foliares de coloração verde-acinzentada à castanha, que posteriormente se transformam em urédias de coloração castanha, na face abaxial das folhas, liberando pequenos esporos hialinos. As plantas severamente infectadas podem apresentar desfolha precoce, que comprometem a formação, o enchimento de vagens e o peso final do grão (GODOY *et al.*, 2016).

As condições ambientais como temperatura do ar entre 15 a 28 °C e longo período de molhamento foliar, são fatores que favorecem a infecção, sobrevivência e multiplicação de *Phakopsora pachyrhizi* (MOURA, 2015). Essas condições são as mesmas, das grandes regiões de cultivo de soja do Brasil, com isso é facilitado a disponibilização de hospedeiros para a manutenção e desenvolvimento do patógeno (MOURA *et al.*, 2017).

A FAS é altamente agressiva, com danos variando de 10% a 90% nas diferentes regiões geográficas em que houve relato (HARTMAN *et al.*, 2015). Levando em conta o período de 2002 a 2009, foi realizado um levantamento de danos por FAS, que apontam perdas do equivalente a um terço da produção anual

brasileira. Levando em consideração o valor da cotação e câmbio desse período, esses danos levaram a uma perda de US\$7,95 bilhões na economia brasileira (YORINORI *et al.*, 2010). Deve se considerar também os custos no tratamento químico com controle da FAS, no levantamento da safra de 2013/2014 os prejuízos chegaram a US\$2,20 bilhões (CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2018).

No Brasil o controle desta doença é baseado em um conjunto de medidas: utilização de cultivares de ciclo precoce e semeaduras no início da época recomendada, realizar o vazio sanitário e a remoção de plantas hospedeiras ou de soja voluntária na entre safra, o monitoramento da lavoura desde o início do desenvolvimento da cultura, utilização de cultivares com genes de resistência e uso de fungicidas no aparecimento dos sintomas ou preventivamente (TECNOLOGIAS, 2013).

3.2 RESISTÊNCIA GENÉTICA A FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

Uma medida econômica e efetiva para o controle da ferrugem é a obtenção de cultivares com alta resistência e produtividade. Com tudo, a ferrugem asiática representa um desafio para os programas de melhoramento genético, pois o fungo *Phakopsora pachyrhizi*, possui grande habilidade de gerar novas raças virulentas quebrando rapidamente a resistência vertical (MATSUO *et al.*, 2015).

Já foram identificados sete genes que condicionam resistência: Rpp1 (MCLEAN; BYTH, 1980; HARTWIG; BROMFIELD, 1983), Rpp1b (RAY *et al.*, 2011), Rpp2 (BROMFIELD; HARTWIG, 1980), Rpp3 (HARTWIG; BROMFIELD, 1983), Rpp4 (HARTWIG, 1986), Rpp5 (GARCIA *et al.*, 2008) e Rpp6 (LI *et al.*, 2012). No entanto, a resistência conferida pelos genes Rpp1 e Rpp3 já foi quebrada no Brasil (ARIAS *et al.*, 2004; YORINORI *et al.*, 2004). Cultivares com um único gene tendem a ter sua resistência rapidamente superada (YORINORI, 2008). Genótipos com genes de resistência piramidados tendem a expressar maior resistência que genótipos com um único gene (YAMANAKA *et al.*, 2015).

As plantas resistentes apresentam reações de hipersensibilidade, ou seja, no momento da invasão, a resistência é induzida pela mudança drástica da atividade metabólica das células vegetais ao redor da infecção, que leva a uma

rápida morte celular no local, impedindo que o patógeno se dissemine (HENNING *et al.*, 2010). Portanto não ocorre redução significativa da área foliar da planta e consequentemente evita perdas de rendimento e produtividade.

Cultivares tolerantes e suscetíveis apresentam sintomas semelhantes, porém a cultivar tolerante apresenta maior estabilidade produtiva frente a infecção pelo patógeno (SACON, 2018). Dessa maneira, cultivares com essas características podem necessitar menos aplicações de fungicidas, diminuindo o custo de produção (MELO *et al.*, 2015).

3.3 CONTROLE QUÍMICO DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

O uso de aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática, teve início no Brasil na safra de 2002/2003 com produtos formulados simples ou em mistura do grupo químico triazol e estrobilurina (REIS *et al.*, 2014).

Os fungicidas do grupo químico triazol, desenvolvido na década de 1980, foram os primeiros inibidores da desmetilação do esterol (RUSSELL, 2004). Os IDM se ligam à enzima 14 α -desmetilase (gene CYP51), inibindo a biossíntese do ergosterol através da remoção do grupo metila C14 do 24-metilenodihidrolanasterol (XAVIER *et al.*, 2015). Assim sem o ergosterol a permeabilidade das membranas celulares do fungo é comprometida, resultando na perda dos elementos intracelulares. São fungicidas com ação curativa e erradicante (REIS, *et al.*, 2010). A redução na sensibilidade aos IDM acontece quando ocorre alguma mutação gênica no gene CYP51. Também são inibidores da desmetilação os fungicidas dos grupos químicos: piperazina, piridinas, pirimidina, imidazol e triazolintiona (FRAC, 2018).

Já o grupo químico estrobilurina, atua no complexo III da cadeia de elétrons do citocromo b (gene CYTB), inibindo a quinona externa da mitocôndria. Assim ocorre o bloqueio da transferência de elétrons do citocromo b para o citocromo c1, paralisando a produção de ATP (GISI; SIEROTZKI, 2008; FERNÁNDEZ-ORTUÑO *et al.*, 2010). Só há este grupo químico com ação sítio-específica no sítio Qe, com isso as estrobilurinas são classificadas como grupo de alto risco de desenvolvimento de resistência (FERNÁNDEZ-ORTUÑO *et al.*, 2010).

O grupo carboxamida, desenvolvido em 1961, age no complexo II da cadeia de elétrons na mitocôndria (gene SDH), paralisando a respiração através da inibição da oxidação da succinato desidrogenase. Inicialmente esse grupo foi utilizado no tratamento de sementes para controlar basidiomicetos (SIEROTZKI; SCALLIET, 2013), e em 2003 obteve liberação para aplicação em órgãos aéreos das plantas (AVENOT; MICHAILIDES, 2007). Desde então, vários fungicidas ISDH, de diferentes grupos químicos, chegaram ao mercado. Sendo eles: fenil-benzamida, feniltiofano amida, piridinil etil-benzamida, furano carboxamida, N-metoxi-pirazol carboxamida, pirazol carboxamida, oxatin-carboxamida, tiazol carboxamida e piridina carboxamida (FRAC, 2018).

O controle realizado por fungicidas de sítio-específico, como os ISDH, IDM e IQe, são os mais afetados pelo desenvolvimento da resistência em fungos fitopatogênicos (MOURA, 2018). Isso vem sendo confirmado, pelas mutações das populações de *Phakopsora pachyrhizi* menos sensíveis a esses três tipos de modo de ação. O primeiro caso de resistência identificado, foi em 2007, aos fungicidas IDM (SCHMITZ *et al.*, 2014), na safra 2013/2014, aos IQe (KLOSOWSKI *et al.*, 2015) e em 2017 aos ISDH, em populações coletadas em 2015/2016 e 2016/2017 (FRAC, 2018).

Embora a resistência possa ser cruzada dentro dos grupos químicos de fungicidas, podendo afetar todos os ingredientes ativos com o mesmo modo de ação, os fungicidas não são afetados da mesma forma (GHELLER, *et al.*, 2017). Com isso é importante o uso adequado desses produtos, evitando aplicações antecipadas, calendarizadas e/ou sequenciais, em conjunto com o controle genético, visando diminuir as aplicações desses produtos (GODOY *et al.*, 2017; DALLA LANA *et al.*, 2018).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

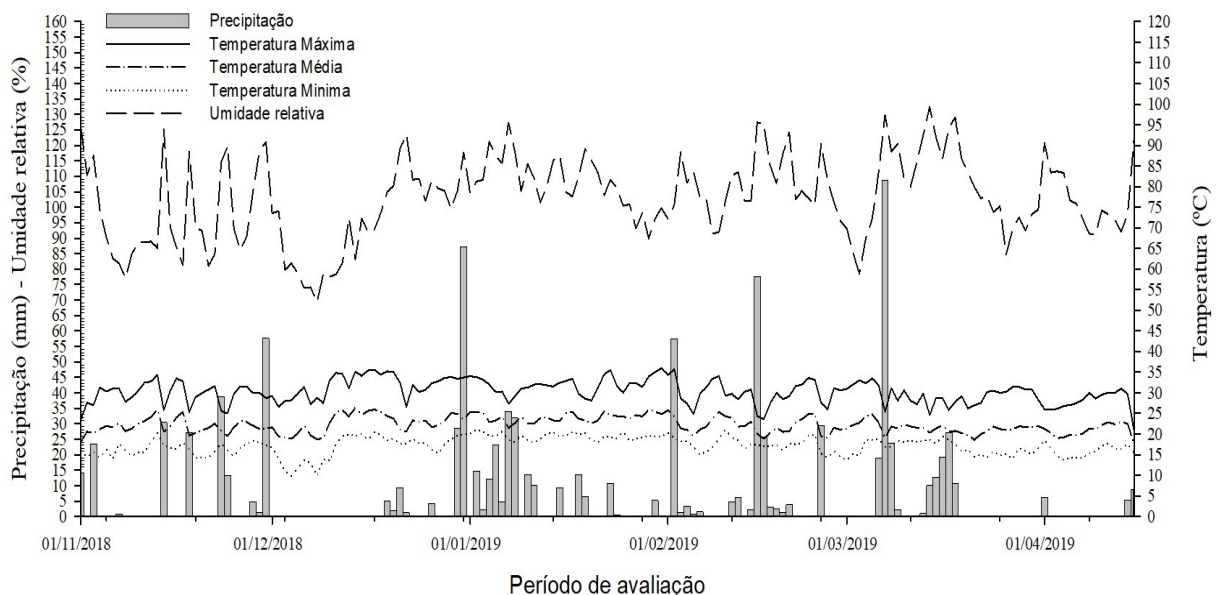
O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco – PR, no período de novembro de 2018 a março de 2019. A área experimental está localizada a uma latitude de 26°10'31.6''S, longitude de 52°42'28.01''W e altitude de aproximadamente 741,5 metros. O clima é catalogado como Cfa (clima temperado úmido com verão quente) (KÖPPEN *et al.*, 1928). E o solo do local da experimentação é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, Textura Argilosa, relevo ondulado (BHERING, *et al.*, 2008).

Tabela 1 – Resultado da análise química do solo. M.O. obtida por digestão úmida; P, K, Cu, Fe e MN extraídos com solução de Mehlich -1; pH em CaCl 1:2,5. Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCL 1mol L⁻¹. UTFPR, Pato Branco - PR, 2018.

pH	H+Al	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	P	M.O	V	M
CaCl ₂			cmol _c .dm ⁻³			mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%	
4,7	7,13	0,07	3,7	2,7	0,65	16,18	57,63	49,72	0,98

pH: Potencial hidrogeniônico; H+Al: Acidez potencial do solo; Al⁺³: Alumínio; Ca⁺²: Cálcio; Mg⁺²: Magnésio; K⁺: Potássio; P: Fósforo; M.O. Matéria Orgânica; V: Saturação de bases; M: Saturação por alumínio. Fonte: Laboratório de Análise de Solo.

Figura 1 – Médias de temperatura máxima, média e mínima em Graus Celcius (°C), umidade relativa em porcentagem (%) e precipitação em milímetros (mm) registradas no município de Pato Branco-PR, durante a condução do experimento (novembro a abril de 2019), UTFPR campus Pato Branco-PR.



Fonte: Sistema Meteorológico do Paraná – Simepar (2019).

Os dados das médias obtidas de temperatura máxima, média, mínima e precipitação, podem ser observados na Figura 1. Durante o período de desenvolvimento dos materiais a temperatura máxima média foi de 30,38 °C e temperatura mínima média foi de 17,25 °C, apresentou umidade relativa média de 77,1%, com precipitação média mensal de 189,88 mm e acumulado de 949,40 mm. Portanto houve condições favoráveis para o desenvolvimento da doença, visto que são necessários temperaturas entre 15 e 28 °C, umidade relativa de 75-80%, com precipitação e longos períodos de umidade (DEL PONTE *et al.*, 2006; GALLOTI *et al.*, 2006; GODOY *et al.*, 2009; KOCHMAN, 1979).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi composto por quatro genótipos de soja e seis tratamentos de fungicidas para o controle da FAS (Tabela 2). Dentre os genótipos, uma cultivar suscetível (BMX Delta 59I60 RSF IPRO) uma cultivar registrada como tolerante a ferrugem (TMG7063 IPRO INOX®) e duas linhagens tolerantes, pertencentes ao banco de germoplasma da empresa GDM genética (GDM1 e GDM2). Com os respectivos grupo de maturação (G.M.) 5.9, 6.3, 5.8 e 6.3.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos químicos no controle da ferrugem asiática da soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Tratamentos	Tipo aplicação	Nº Aplic	Produtos
1	Não aplicado	-	-
2	Aplicação DFC	ABCD	ABCD - Score Flexi*
3	Manejo Alta tec. + DFC	ABCD	A-Fox** B-Fox** C-Vessarya D-Vessarya
4	Manejo Baixa tec. + DFC	ABCD	A- Sphere Max** B- Sphere Max** C-Aproach* D- Aproach*
5	Manejo Alta tec. + DFC	BCD	B-Fox** C-Vessarya D-Vessarya
6	Manejo Baixa tec. + DFC	BCD	B- Sphere Max** C-Aproach* D- Aproach*

DFC- Doença de final de ciclo; A - Pré-florescimento; B - 15-20 dias após a última aplicação; C - 15-20 dias após a última aplicação; D - 15-20 dias após a última aplicação; Score Flexi® 0,15 L p.c. ha⁻¹ (propiconazol+difeconazol); Fox® 0,4 kg p.c. ha⁻¹ (Protiocanazol+trifloxistrobina); Vessarya® 0,6 L p.c. ha⁻¹ (Benzovindiflupyr+Picoxistrobina); Aproach Prima® 0,3 L p.c. ha⁻¹ (ciproconazol+Picoxistrobina); Sphere Max® 0,2 L p.c. ha⁻¹(ciproconazol+trifloxistrobina); * Adicionado Nibus® 0,75 L ha⁻¹; ** Adicionado Aureo® 0,25% v/v.

Os fungicidas utilizados neste trabalho foram escolhidos com base nos resultados sumarizados dos ensaios cooperativos, da eficiência de fungicidas para controle da FAS no Brasil na safra 2017/2018 de GODOY *et al.*, (2018). Sendo

considerados Manejo de Alta Tecnologia os fungicidas que apresentaram porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida superior a 65% (Fox® - 70% e Vessarya® – 67%), e de Manejo de Baixa Tecnologia os fungicidas que apresentaram porcentagem de controle em relação à testemunha sem fungicida inferior a 65% (Sphere Max® - 54% e Approach Prima® – 51%).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições. As unidades experimentais foram de 3,3 metros de comprimento e 3,15 metros de largura, totalizando área de 10,39 m². Foram avaliadas as quatro linhas centrais da parcela (1,8 metro de largura). Nas parcelas foram consideradas bordaduras, duas linhas externas e 0,5 m no início e no fim das parcelas, gerando assim uma área útil de 4,14 m² por parcela. Além desta, foi semeado o cultivar BMX Delta 59I60 RSF IPRO (suscetível) ao entorno do experimento, no total de 1.140 m² como bordadura, a fim de aumentar o potencial do inoculo do fungo.

A semeadura foi realizada dia 28 novembro de 2018, no final da janela de plantio indicada pelo zoneamento agroclimático da região. Esse fato possibilitou maior incidência e pressão de inoculo de *Phakopsora pachyrhizi* já nos estágios iniciais do desenvolvimento das plantas no campo experimental, com isso garantiu-se maior manifestação da doença, em níveis que possibilitassem ou não a comprovação da tecnologia de tolerância ao patógeno.

Antes da semeadura foi realizado o tratamento de sementes utilizado 400ml de Cruiser 350 FS® (tiametoxam), 200mL de Dermacor® (Clorantraniliprole), 200mL de Maxim XL® (Fludioxonil+Metalaxyl-M) e 200ml de água, para cada 1L de calda. A adubação de base foi 250 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16 (N-P-K). Além de 250 kg ha⁻¹ de Fort Cálcio®, a fim de suprir prontamente a deficiência de cálcio e elevar o pH do solo garantindo a nutrição das plantas desde o início do desenvolvimento. Para a semeadura foi utilizado o trator marca New Holland, modelo TL 75, com 75 cavalos de potência, associado à semeadora adubadora, marca Semeato, modelo PAR2800, com capacidade de plantio de sete linhas simultâneas, espaçadas a 0,45 metro, com sistema dosador de sementes de discos horizontais, a 6 km h⁻¹, semeando a 4 cm de profundidade.

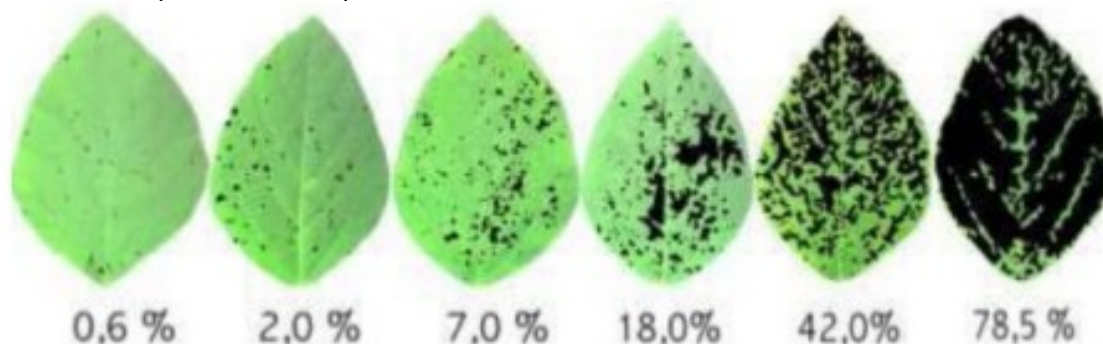
As aplicações de fungicidas foram realizadas com pulverizador costal de pressão constante gerado por CO₂, com barra de 3 metros de comprimento, contendo 6 bicos de pulverização tipo leque plano padrão. Os demais tratamentos

químicos (herbicidas e inseticidas), foram realizadas de acordo com as demandas da cultura, aplicados com pulverizador costal manual com barra de um metro de comprimento e três bicos tipo leque.

4.3 CARACTERES AVALIADOS

Durante a realização do experimento foram realizadas avaliações semanais da incidência (percentagem de folhas infectadas em relação ao total) e da severidade (percentagem da área foliar coberta com sintomas) da FAS. A quantificação da porcentagem da área foliar afetada, foi realizada de acordo com a escala diagramática desenvolvida por Godoy *et al.*, (2006), que pode ser observado na Figura 2. As avaliações foram iniciadas a partir do momento da identificação da doença. Em cada avaliação foram analisadas 10 plantas, sendo coletados 3 trifólios por planta, 3 folíolos por terço da planta, que foram analisados a campo com o auxílio de uma lupa de bolso com ampliação de 10 vezes.

Figura 2 – Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem asiática da soja (*Glycine max*). UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.



Fonte: Godoy *et al.*, 2006.

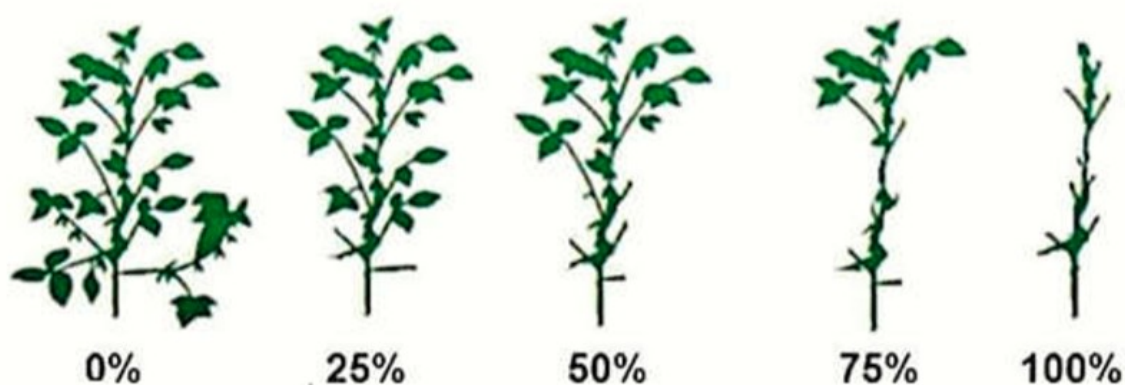
Com base nas avaliações fenotípicas de severidade da doença, foi calculado a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), através Equação 1 de Shaner e Finney (1997).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{(Y_{i+1} + Y_i)}{2} \right] * [t_{i+1} - t_i] \quad (1)$$

em que \bar{y} corresponde à média de severidade da doença, por unidade de tempo na i -ésima observação; t_i é o tempo em dias na i -ésima observação; n é o número total de observações.

Quando as plantas atingiram o estágio R5.5, 4 plantas de cada parcela foram avaliadas, individualmente, quanto a desfolha utilizando a escala proposta por Silva *et al.*, (2011), Figura 3.

Figura 3 – Escala diagramática para avaliação da desfolha na cultura da soja. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.



Fonte: Silva *et al.*, 2011.

Foram avaliados os seguintes caracteres agrônômicos: 1) dias da emergência ao florescimento: definido pelo tempo decorrido desde a emergência até 50% das plantas com uma flor aberta na haste principal (estádio R2); 2) dias do florescimento a maturação plena: tempo decorrido desde o florescimento até 50% das plantas com pelo menos 95% das vagens com coloração típica de vagem madura (estádio R8); 3) ciclo total: tempo decorrido desde a emergência até a maturação plena; 4) rendimento de grãos em kg ha^{-1} : através da trilha das parcelas entre cinco a oito dias após o estágio R8 de desenvolvimento. Com os dados de produção por parcela, área de parcela e teor de umidade dos grãos, foi estimado o rendimento por hectare, ajustado para 13% de umidade; 5) peso de mil grãos, em gramas, obtido pela pesagem de oito repetições de cem grãos, corrigida a umidade para 13% e estimada para o peso de mil grãos.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram previamente analisados pelo teste de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk, e teste de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett, atendendo assim os pressupostos da ANOVA. Os dados foram submetidas a análise de variância, bifatorial (cultivar X tratamento) pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Quando verificado significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para AACPD e incidência testou-se interação tripla, considerando cultivar X tratamento X tempo. Quando detectado efeito significativo foi realizado o ajuste da equação por meio da análise regressão. As análises foram realizadas por meio do software estatístico Genes (CRUZ, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ocorrência de ferrugem em Pato Branco – PR, no local onde foi conduzido o experimento, se deu no início do mês de fevereiro, após a segunda aplicação dos tratamentos 2, 3 e 4 e a primeira aplicação dos tratamentos 5 e 6. As aplicações iniciais, preconizadas nesse trabalho, foram realizadas seguindo a recomendação mais comumente utilizada no Brasil, no início do florescimento. Ou seja, os tratamentos 3 e 4 foram aplicados de forma preventiva, sem presença de sintomas. Os sintomas se iniciaram em estágio R2.

Observou-se incidência da FAS em todos os tratamentos e genótipos avaliados. Contudo não ocorreu evolução da doença nas linhagens GDM1 e GDM2. Para TMG 7063 e BMX Delta ocorreu desenvolvimento e disseminação da doença, apresentando severidade. Os possíveis mecanismos responsáveis pela diminuição do progresso de doenças, podem estar relacionados a baixa frequência de infecção, o menor desenvolvimento do micélio dentro do tecido da planta, o período latente longo, e a baixa produção de esporos (HEAGLE; MOORE, 1970; PARLEVLIT, 1979).

Tabela 3 – Resumo da análise da variância (ANOVA) para Incidência e área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) de genótipos de soja com resistência genética fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FV	GL	QM	
		INCIDÊNCIA	AACPD
Bloco	2	239,11*	4740,38*
Cultivar	3	1234,54*	1320542,30*
Tratamento	5	706,92*	27951,03*
Tempo	4	39649,04*	434414,86*
Cultivar*Tratamento	15	56,02	10028,2*
Cultivar*Tempo	12	489,49*	154891,36*
Tratamento*Tempo	20	311,44*	4316,89*
Cultivar*Tratamento*Tempo	60	34,65	1745,49*
Resíduo	238	37,86	326,38
Total	357		
CV (%)		3,14	2,66

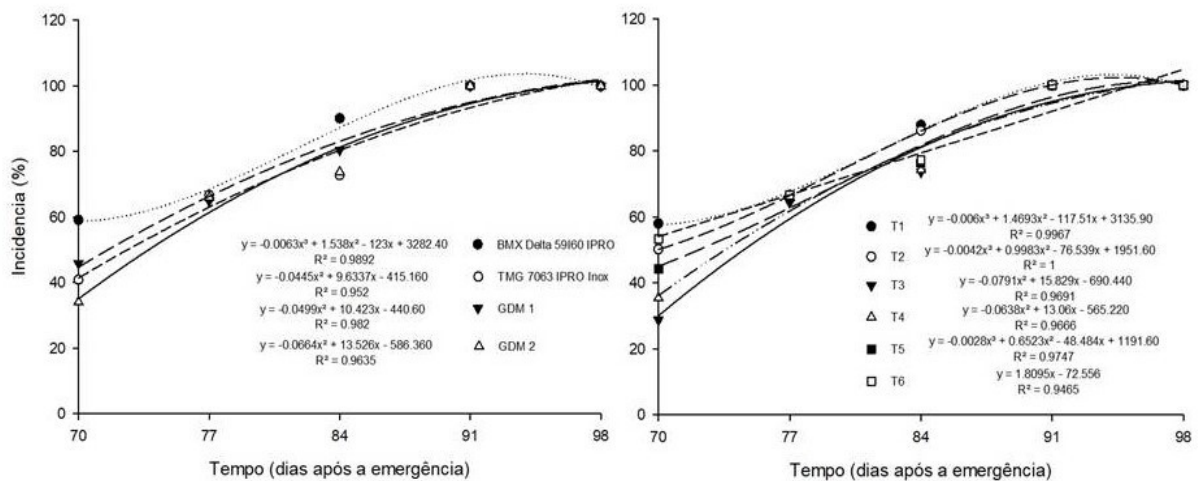
*: significativo a 5% ($p < 0,05$) de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns}: não significativo pelo teste F; FV: Fontes de variação; GL: Graus de Liberdade. QM: Quadrado Médio; CV(%) coeficiente de variação.

A partir da análise da variância (ANOVA), observou-se interação significativa entre genótipo X tempo e tratamento X tempo para incidência (Tabela

3). Já para a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) houve significância entre os fatores genótipo X tratamento X tempo, indicando que houve variação entre os fatores ao longo das avaliações. Os coeficientes de variação de ambas variáveis foram caracterizados de baixa magnitude, indicando elevada precisão experimental e confiabilidade.

Todos os genótipos avaliados apresentaram incidência para FAS (Figura 4) chegando a 100% de infecção após 91 DAE. O cultivar BMX Delta apresentou maior incidência em relação aos demais materiais, seguido da linhagem GDM1, com taxa de infecção 18,27% menor que BMX Delta na primeira avaliação, 70 DAE. A linhagem GDM2 se mostrou superior, com menor incidência aos demais genótipos até 77 DAE. Aos 84 DAE TMG 7063 apresentou menor taxa de incidência.

Figura 4 – Evolução da incidência de ferugem asiática da soja para genótipos de soja e os tratamentos químicos empregados no controle da FAS. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.



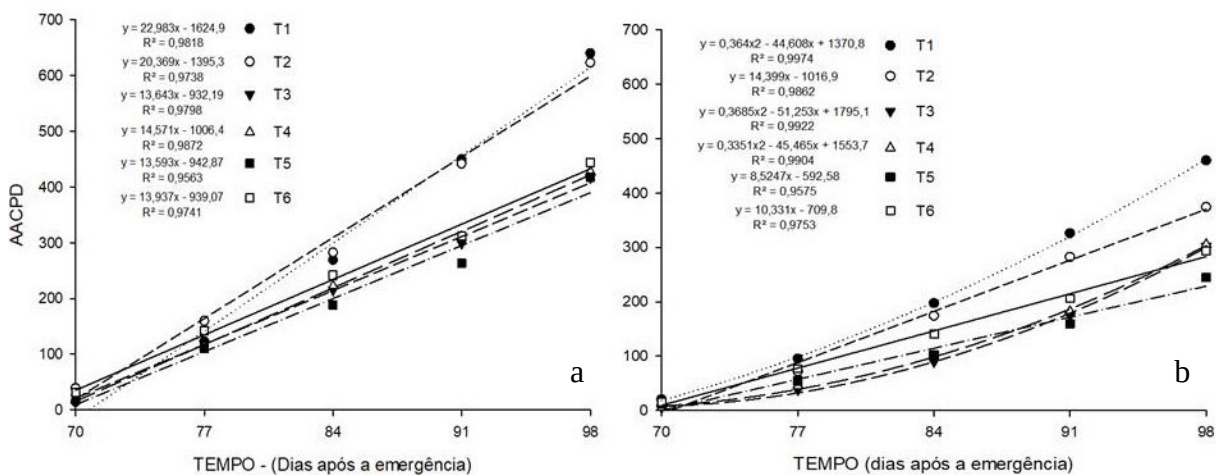
Quando relacionado a incidência com os tratamentos fúngicos, foi observado maior incidência na testemunha (tratamento 1) em todas as avaliações. Na sequência, observa-se que o tratamento 2 (controle de DFCs) apresentou incidência inferior a 1,93%, em relação a testemunha. Nos tratamentos 3 e 4, em que foi realizado aplicação preventiva, ocorreu menor incidência que os demais tratamentos até os 77 DAE. O efeito protetor ou residual refere-se à proteção da planta conferida pela aplicação do produto antes da deposição do patógeno, garantindo uma proteção preventiva a planta (GODOY; CANTERI, 2004).

Os tratamentos 5 e 6 podem ser considerados como curativos, pois houve reparação dos danos provocados pelo patógeno, após o estabelecimento de

seu contato efetivo com o hospedeiro. O efeito curativo foi reduzido à medida que atrasou a aplicação de fungicidas, resultado semelhante foi encontrado por Godoy e Canteri (2004), em experimento em casa de vegetação com diferentes aplicações de fungicidas para controle da FAS.

Para as avaliações da evolução da FAS por intervalo de tempo (Figura 5), determinado pela AACPD, observou-se interação significativa entre tratamentos com fungicidas e as cultivares BMX Delta e TMG 7063, visto que estes foram os únicos em que houve evolução da doença, sendo possível avaliar a severidade. Fatores que podem interferir diretamente sobre o progresso da doença, estão estritamente associada há densidade de lesões, o período de latência e a proporção de lesões esporuladas, (MAPHOSA *et al.*, 2013; MARTINS; JULIATTI, 2014). A resistência a um determinado patógeno é definida como a capacidade da planta em atrasar ou evitar a entrada ou a subsequente atividade de um patógeno em seus tecidos (NOSOJA *et al.*, 2005).

Figura 5 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para as cultivares BMX Delta IPRO (a) e TMG 7063 IPRO (b), em função dos tratamentos químicos de controle, na safra de 2018/2019 em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.



Em relação aos tratamentos com aplicação de fungicidas, a cultivar TMG 7063 apresentou os menores valores da AACPD em todos os tratamentos, tendo mantido este comportamento até mesmo na testemunha (sem aplicação de fungicida). Quando na ausência de aplicação de fungicidas, aos 98 DAE, revelou maior índice de infecção da doença. A cultivar TMG 7063 apresentou menor AACPD que BMX Delta.

Os produtos Fox® (Protioconazol+trifloxistrobina) e Vessarya® (Benzovindiflupyr+Picoxistrobina) apresentaram maior controle nos genótipos testados no ensaio. Estes fungicidas foram utilizados no tratamento 3 [Fox® (momento de aplicação A e B) e Vessarya® (momento de aplicação C e D)], e tratamento 5 [Fox® (momento de aplicação B) e Vessarya® (momento de aplicação C e D)].

Para o genótipo BMX Delta os melhores controles foram observados aos 77, 84 e 91 DAE, com o tratamento 5, e aos 98 DAE com o tratamento 3. Já para a cultivar TMG 7063 os melhores controles foram observados em 70, 77 e 84 DAE, com o tratamento 3, e aos 91 e 98 com o tratamento 5. A menor AACPD desses produtos esta ligada a melhor e eficiência dos mesmos. Em experimento a campo levando em consideração a média de 23 locais em regiões produtoras de soja no Brasil, Godoy *et. al.*, (2018), observou porcentagem de severidade de 28,8% para Fox® e 20,9 para Vessarya®, com porcentagem de controle em relação a testemunha, de 63% e 70% respectivamente. Apresentando resultados satisfatórios em relação a doença.

Já nos tratamentos 4 [Sphere Max® (momento de aplicação A e B) e Aproch Prima® (momento de aplicação C e D)] e tratamento 6 [Sphere Max® (momento de aplicação B) e Aproch Prima® (momento de aplicação C e D)] foram superiores apenas a testemunha sem aplicação e ao tratamento 2, Score Flex® (propiconazol+difeconazol), destinado a controle de DFC. A menor eficiência dos tratamentos 4 e 6, pode estar relacionados a baixa eficiência de controle do fungicida ciproconazol, encontrado em ambos produtos comerciais nesses tratamentos. Isto foi confirmado por Dalla Lana *et al.* (2018), ao avaliarem a taxa anual de declínio no controle da FAS dos fungicidas mais utilizados no mercado, o ciproconazol ficou entre as maiores reduções de pontos percentuais por ano (pp^{-1} ano), sendo o tebuconaxole $7,7 pp^{-1}$ ano, azoxistrobina $5,4 pp^{-1}$ ano e ciproconazol com $4,2 pp^{-1}$ ano.

A presença de mais de um grupo químico com eficiência comprovada é importante no âmbito do manejo de resistência de fungos a fungicidas. Fungicidas com modo de ação específico, possuem maior risco de seleção de populações resistentes do patógeno, com isso, deve-se alternar produtos com diferentes modos de ação ou utilizar misturas prontas com mais de um grupo (KIMATI, 1995).

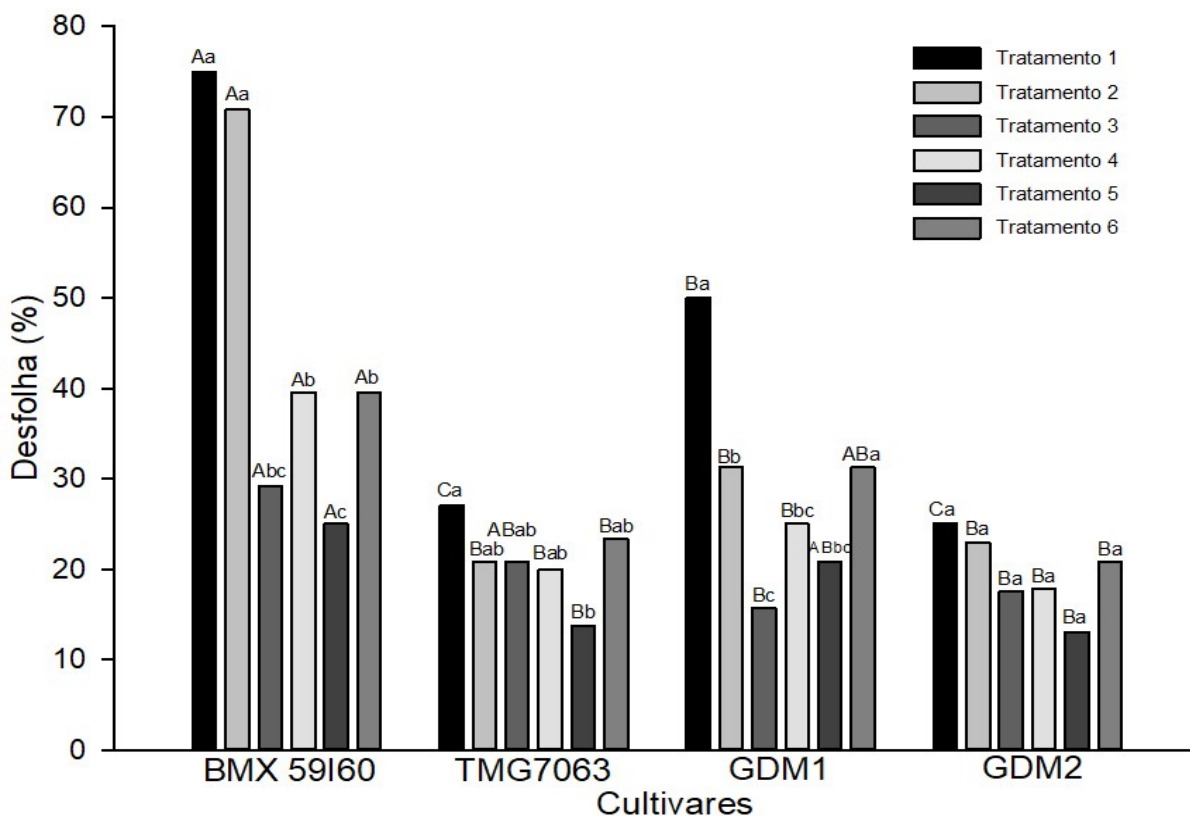
A análise de variância revelou interação significativa entre cultivares X tratamentos para os caracteres DESF, DFM, DEM, NVP, PMS e REND (Tabela 4). O caractere DEF apresentou efeito significativo apenas para o fator cultivar.

Tabela 4 – Resumo da análise da variância (ANOVA) para as variáveis: desfolha (DESF); dias da emergência ao florescimento (DEF), dias do florescimento a maturação fisiológica (DFM); dias da emergência a maturação fisiológica (DEM); número de vagens por planta (NVP), peso de mil sementes (PMS); rendimento de grãos (REND) em experimento com quatro cultivares de soja e seis tratamentos com fungicidas para o controle de FAS. UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO						
		DESF	DEF	DFM	DEM	NVP	PMS	REND (kg/ha)
Bloco	2	77,88 ^{ns}	0 ^{ns}	1,17 ^{ns}	0,60 ^{ns}	6,35 ^{ns}	5,30 ^{ns}	226106,00 ^{ns}
Cultivar	3	2765,19*	276,00*	40,60*	400,39*	2940,05*	4695,6*	3007712,00*
Tratamento	5	1162,40*	0 ^{ns}	64,15*	63,72*	311,40*	8,40*	610003,00*
Cultivar*Tratamento	15	244,38*	0 ^{ns}	6,72*	5,08*	282,54*	155,8*	298618,00*
Resíduo	46	23,19 ^{ns}	0 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,42 ^{ns}	48,85 ^{ns}	69,10 ^{ns}	84302,00 ^{ns}
Total	71							
CV (%)		16,59	0	1,19	0,59	9,1	6,85	8,26

*: significativo a 5% ($p < 0,05$) de probabilidade de erro pelo teste F. ^{ns}: não significativo pelo teste F; FV: Fontes de variação; GL: Graus de Liberdade; CV(%) coeficiente de variação.

Figura 6 – Avaliação visual de desfolha das plantas de soja devido a FAS, realizada no estágio R5.5, nos genótipos BMX Delta IPRO, TMG 7063 IPRO, GDM1 e GDM2 em função dos tratamentos químicos de controle, na safra de 2018/2019 em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.



Na avaliação da variável porcentagem visual de desfolha, observou-se que independente dos tratamentos houve maior nível de desfolha nas plantas do material suscetível em relação aos tolerantes (Figura 6), corroborando com os resultados encontrados por Siquieri *et al.* (2011). A maior diferença em relação a BMX Delta foi observada ao comparara a GDM2. À abscisão foliar ocorre de acordo com o aumento da severidade da FAS, levando ao coalescimento das lesões causadas pelo patógeno (GASPARETTO *et al.*, 2011).

Foi observado em todos os genótipos avaliados, diferença significativa entre a testemunha sem aplicação e os tratamentos com aplicação de fungicidas. O mesmo resultado foi encontrado por Barros *et al.*, (2008) em avaliação das cultivares de soja Vencedora e Conquista submetidas a diferentes épocas de aplicações sob os tratamentos pyraclostrobin + epoxiconazole e carbedazin.

O tratamento 2, controle de DFC, não diferiu da testemunha nos genótipos BMX Delta e GDM2. Porém em TMG 7063 e GDM1 o tratamento 2 apresentou menor índice de desfolha em relação ao controle sem tratamento, com 6,25% e 18,75% inferior respectivamente.

Houve reduções significativas na porcentagem de desfolha em relação à testemunha sem aplicação, no tratamento 5 para as cultivares BMX Delta e TMG 7063, e no tratamento 3 para a linhagem GDM1. Para o genótipo GDM2 não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação a testemunha sem aplicação.

Nos genótipos tolerantes TMG 7063, GDM1 e GDM2 o tratamento 2, controle de DFC, apresentou menor índice de desfolha em relação a testemunha sem aplicação. Este resultado foi observado por Barros *et al.*, (2008), em que no tratamento com fungicida carbedazin, destinado para controle de DFC, reduziu a porcentagem de desfolha em relação à testemunha sem aplicação no final do ciclo do experimento.

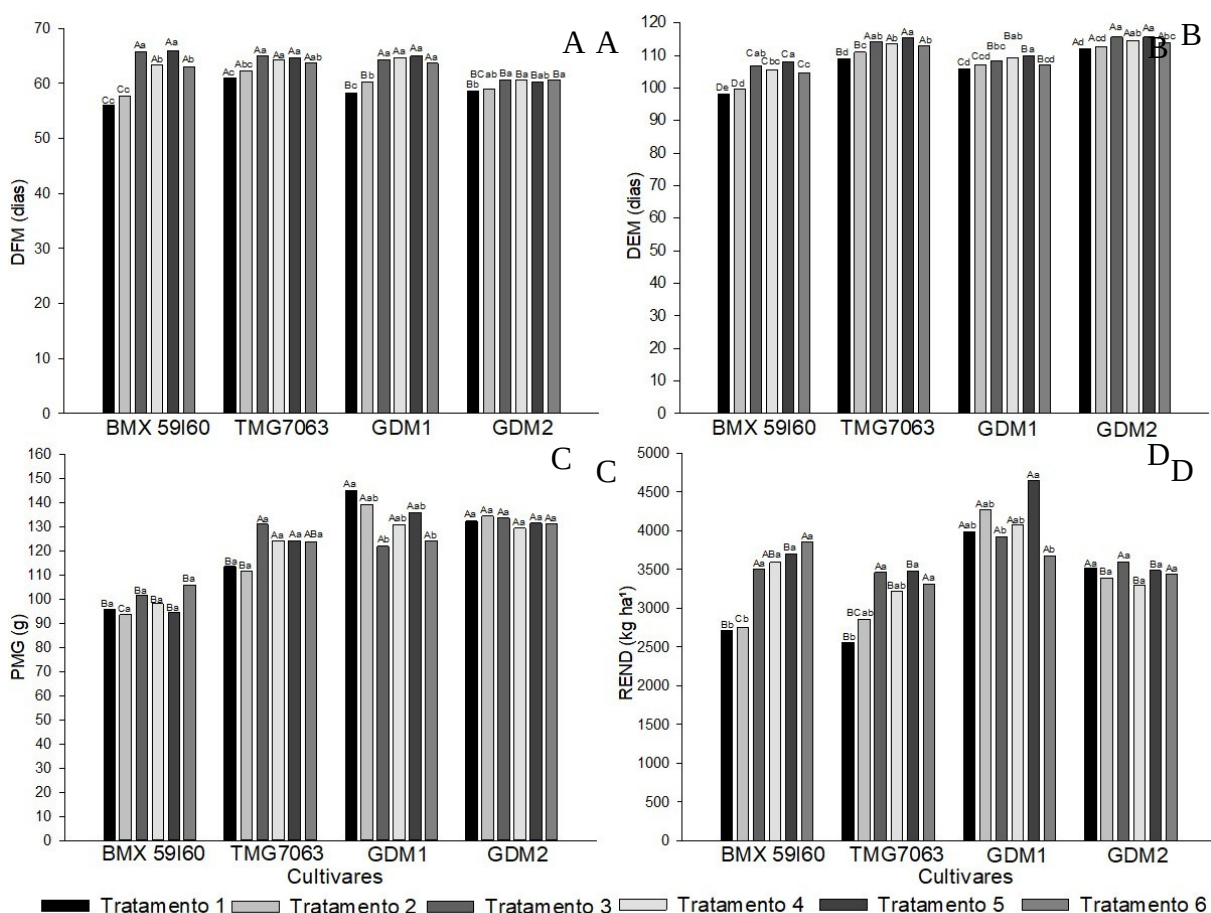
Os genótipos GDM2 e TMG 7063 apresentaram período juvenil mais longo em relação aos demais, florescendo além de 45 dias após a emergência (Tabela 5). Diferenças de data de floração entre genótipos numa mesma época de semeadura, ocorrem devido a resposta específica dos materiais a duração do dia (EMBRAPA, 2014). Não houve interação entre os genótipos e os tratamentos, isso pode estar relacionado ao início da FAS após R2.

Tabela 5 – Dias da emergência ao florescimento (DEF). UTFPR, Pato Branco – PR, 2020.

Média de interação – Dias da emergência ao florescimento	
Genótipo	DEF
BMX 59160 IPRO	40 D
TMG 7063 IPRO	45 B
GDM1	42 C
GDM2	49 A

Letras maiúsculas representa comparação de médias para o fator cultivares, Foi aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Figura 7 – Número de dias do florescimento a maturação (A), número de dias da emergência a maturação (B), peso de mil grãos (C), rendimento de grãos (D), nos genótipos BMX Delta IPRO, TMG 7063 IPRO, GDM1 e GDM2 em função dos tratamento químicos de controle, na safra de 2018/2019 em Pato Branco. UTFPR, Campus Pato Branco-PR, 2020.



Quanto ao número de dias entre o florescimento e maturação houve diferença significativa, em todos os genótipos, entre a testemunha sem aplicação e os tratamentos com fungicidas destinado ao controle da FAS (Figura 7). Os tratamentos que registraram maior alongamento nesse período foram 3 e 5 nos genótipos BMX Delta, TMG 7063 e GDM1, sem diferença significativa entre eles.

Para TMG 7063 se igualou a estes também o tratamento 4. Já para GDM1 se igualaram a estes os tratamentos 4 e 6. GDM2 apresentou encurtamento significativo em todos os tratamentos entre os demais genótipos.

Verificou-se que as plantas com maiores DEF são também as plantas com maiores DEM. Esse mesmo resultado foi encontrado por Pires *et al.* (2012), em que constataram que as plantas de soja com maior ciclo vegetativo apresentaram também maior período para atingir a maturidade. Houve diferença significativa, em todos os genótipos, entre a testemunha sem aplicação e os tratamentos com fungicidas destinado ao controle da FAS.

Para a variável peso de mil grãos (PMG) não houve diferença significativa entre os tratamentos para BMX Delta, TMG 7063 e GDM2. Apenas a linhagem GDM2 apresentou menores valores nos tratamentos 3 e 6. Para este genótipo a testemunha sem tratamento apresentou maior peso de mil grãos.

De acordo com as empresas obtentoras das cultivares, a média de PMG para cultivar TMG 7063 é 191g, para BMX Delta a média é de 168g. Contatou-se que mesmo onde se utilizou maior número de aplicações, as cultivares não atingiram o valor desejável. Este fator pode estar relacionado diretamente a desfolha elevada observada no experimento, visto que a queda prematura das folhas proporciona redução da fonte de foto assimilados e conseqüentemente da massa de grãos (YANG *et al.*, 1991).

Para o rendimento de grãos (REND), nos genótipos BMX Delta, TMG 7063 e GDM1 ocorreu incremento significativo nos tratamentos com fungicidas destinados ao controle da FAS em relação a testemunha. O mesmo resultado foi encontrado por Barros *et al.* (2008), em experimento com duas cultivares e diferentes números de aplicações em tratamentos com fungicida Pyraclostrobin + Epoxiconazole e Cabedazin. Já para GDM2 não houve diferença significativa para as médias dos tratamentos com controle e os tratamentos sem controle, evidenciando a tolerância dessa linhagem de soja à FAS. Melo *et al.* (2015) avaliaram o rendimento de cultivares frente a tolerância à FAS, e constataram maior tolerância as cultivares BRSGO 7560 e BRS 239, por não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos sem aplicação com fungicidas e aqueles com aplicação.

A maior redução de produtividade ocasionada pelas FAS foi obtida na cultivar TMG 7063 seguida pela cultivar BMX Delta, no tratamento sem controle. Já o maior rendimento ocorreu nos tratamentos da linhagem tolerante GDM1, com maior incremento de produtividade frente a FAS no tratamento 5, 4651,52 kg ha⁻¹. Em comparação a testemunha da mesma linhagem a diferença foi de 661,32 kg ha⁻¹.

Para o genótipo suscetível BMX Delta, não houve diferença entre os tratamentos, com aplicações de fungicidas para o controle da FAS (3, 4, 5 e 6). Apesar de não haver diferença significativa no REND entre esses tratamentos, observou-se acréscimo de 789 (tratamento 3) a 1136 kg ha⁻¹(tratamento 6), em relação a testemunha. Diferente do que ocorreu com Barros *et al.* (2008) e Nunes *et al.* (2012) em que observaram diminuição da produtividade conforme o aumento das aplicações de fungicidas para o controle de FAS em cultivares suscetíveis.

Quando aplicado Fox® (Protioconazol+trifloxistrobina) com Vessarya® (Benzovindiflupyr+Picoxistrobina) houve incremento de produtividade na cultivar TMG 7063, de 35% (tratamento 3) e 36% (tratamento 5) em relação a testemunha sem tratamento. Enquanto que para Sphere Max® (ciproconazol+trifloxistrobina) e Aproch Prima® (ciproconazol+Picoxistrobina) houve incremento de 29% (tratamento 6) e 26% (tratamento 4). Dentre os tratamentos com fungicidas para o controle de FAS houve diferença significativa apenas para o tratamento 4 neste genótipo. Mesmo sendo um material tolerante a ferrugem, de acordo com o detentor da cultivar, este material não apresentou diferença significativa de produtividade em relação a cultivar suscetível. Este resultado difere do observado por Siquieri *et al.* (2011), em experimento a campo, em que a cultivar TMG 803, tolerante a FAS, não apresentou efeito significativo no aumento de aplicações sobre a produtividade, além de apresentar produtividade superior significativa em relação a cultivar Msoy-8866 suscetível a FAS.

Quando comparado as testemunhas de cada genótipo, notou-se diferença significativa no rendimento entre as linhagens GDM1 e GDM2 em relação as cultivares BMX Delta e TMG 7063. Com rendimento de 3990 e 3520 kg ha⁻¹, para GDM1 e GDM2 respectivamente, enquanto que 2718 kg ha⁻¹ para BMX Delta e 2557 kg ha⁻¹ para TMG 7063. A superioridade destes genótipos em ambientes sem aplicação, pode estar relacionado a não evolução da severidade da FAS. Em trabalho a campo com controle de FAS, Cunha *et al.* (2006) associaram aumentos

de produtividade de até 41% aos tratamentos que obtiveram menores áreas abaixo da curva de progresso da ferrugem. Ademais, conforme o conceito de tolerância (AGRIOS, 2005; CARNEIRO, 2007; KAWUKI *et al.*, 2004) os fatores mais importantes para dimensionar a tolerância são o rendimento de grãos e a intensidade da severidade da doença, as quais foram avaliadas neste trabalho. Portanto, a linhagem GDM2 pode ser boa alternativa para o manejo da doença, integrado ao controle químico, atenuado pela redução de custo de controle da FAS.

6 CONCLUSÕES

A resistência genética dos genótipos TMG 7063, GDM1 e GDM2 permitiram retardar o progresso da ferrugem asiática da soja.

A linhagem GDM2 pode ser caracterizado como tolerante a FAS, pois foi observado baixa incidência e progresso da doença. Além disso, não ocorreu diferença no rendimento de grãos entre os tratamentos químicos avaliados para este genótipo.

Para BMX Delta, TMG 7063 e GDM1 o uso de fungicidas para controle de FAS, contribuiu para o incremento de produtividade.

O emprego dos tratamentos 3 e 5, nos quais foram utilizados os fungicidas Fox® (Protioconazol+trifloxistrobina) e Vessarya® (Benzovindiflupyr+Picoxistrobina) revelou maior produtividade da cultivar TMG 7063 e tratamento 5 da linhagem GDM1, reduzindo as perdas de produtividade por FAS.

A primeira aplicação de fungicidas realizada nos tratamentos 3 e 4 reduziu a incidência da FAS até os 77 DAE, em todos os genótipos.

O número de aplicações de fungicidas destinados ao controle da FAS não interferiu no rendimento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi comprovado neste experimento a eficiência agronômica dos genótipos tolerantes a ferrugem. Considerando as variáveis evolução da doença e rendimento de grãos, a linhagem GDM2 possui maior estabilidade produtiva, mesmo com maior ciclo vegetativo. Este fator permite reduzir o nível tecnológico dos tratamentos de fungicidas, em número de aplicações ou em produtos de menor custo.

Em cultivares suscetíveis ou com baixa tolerância a FAS, os tratamentos com fungicidas foram essenciais no controle da doença e no incremento da produtividade.

Observou-se incremento de produtividade nos tratamentos de alta tecnologia para a cultivar TMG 7063 e linhagem GDM1.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, George N. **Plant pathology**. 5. ed. Oxford: Academic, 2005. 922 p.
- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 08 out.2018.
- ARIAS, Carlos Alberto Arrabal *et al.* Inheritance of resistance of soybean to rust (phakospora pachyrhizi sidow). In: VII WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004, Foz do Iguaçu-PR. **VII WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**. Londrina, 2004. p. 100.
- ARIAS, Carlos Alberto Arrabal. Potencial genético da soja: processos e limitações para alta produtividade. In: VII WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004, Foz do Iguaçu-PR. **VII WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**. Londrina, 2004. p. 1263–1278.
- AVENOT, Herve F.; MICHAILIDES, Themis J. Resistance to boscalid fungicide in alternaria alternata isolates from pistachio in california. **Plant Disease**, v. 91, n. 10, p. 1345–1350, out. 2007. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-91-10-1345>. Acesso em: 05 maio 2020.
- BARROS, Hélio Bandeira; SEDIYAMA, Tuneo; REIS MÚCIO SILVA CECON, Paulo Roberto. Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 239–245, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/asagr/v30n2/a13v30n2.pdf>.
- BERGAMIN FILHO, Armando; KIMATI, H.; AMORIN, Lilian. Controle químico. In: _____ **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1995. v. 1, cap. 1, p. 761–785.
- BHERING, Silvio Barge; SANTOS, Humberto Gonçalves dos. **Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: EmbrapaFlorestas/Embrapa Solos/Instituto Agronômico do Paraná, 2008.
- BRASIL, FUNGICIDE RESISTENCE ACTION COMMITTEE. **Resistência a fungicidas**. 2018. Disponível em: <http://www.frac.info/publications>. Acesso em: 08 out. 2018.
- BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, Edgar E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, v. 20, n. 1, p. 254–255, 1980.
- CARNEIRO, Luciana Celeste. **Caracterização epidemiológica da resistência parcial e análise de tolerância de genótipos de soja à ferrugem asiática**. 75 p. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11135/tde-14092007-163502/publico/LucianaCarneiro.pdf>. Acesso em: 05 maio 2020.

- CASTRO, Lucas Siqueira; MIRANDA, Matheus Henrique; LIMA, João Eustáquio. Indicadores sociais de desenvolvimento e a produção de soja: uma análise multivariada nos 150 maiores municípios produtores brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 11, n. 1, p. 69–87, 2015.
- CAVALCANTI, Leonardo Souza *et al.* Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: _____. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. cap. 1, p. 139–153.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Grãos 2019/2020**. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 17 maio 2020.
- COSTAMILAN, Leila Maria; BERTAGNOLLI, Paulo Fernando; YORINORI, José Tadash. Perda de rendimento de grãos de soja causada por ferrugem asiática (*phakopsora pachyrhizi*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 100, 2002.
- CRUZ, Cosme Damião. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271–276, jul–set 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/asagr/v35n3/v35n3a01.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues; REIS, Elton Fialho; SANTOS, Roberto de Oliveira. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência rural**, v. 36, n. 5, p. 1360–1366, set–out 2006.
- DALLA LANA, Felipe Dalla *et al.* Meta-analysis of the relationship between crop yield and soybean rust severity. **Phytopathology**, v. 105, n. 3, p. 307–315, 2015. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-06-14-0157-R>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- DALLA LANA, Felipe *et al.* Meta-analytic modeling of the decline in performance of fungicides for managing 39 soybean rust after a decade of use in brazil. **Plant Disease**, v. 102, n. 4, p. 807–817, 2018.
- DEL PONTE, Emerson Medeiros *et al.* Predicting severity of asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, v. 96, n. 7, p. 797–803, mar 2006. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-96-0797>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- DUHATSCHEK, Eduard; SANTOS, Leandro Alvarenga; FARIA, Cacilda Márcia Duarte Rios. Sensibilidade de isolados de *phakopsora pachyrhizi* provenientes da região do centro oeste do paraná a fungicidas. **Summa phytopathologica**, v. 44, n. 2, p. 193–194, ago 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sp/v44n2/0100-5405-sp-44-2-0193.Pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- FERNÁNDEZ-ORTUÑO, Dolores *et al.* The qoi fungicides, the rise and fall of a successful class of agricultural fungicides. In: CARISSE, 1., 2010, Rijeka. **CARISSE**. Rijeka, 2010. p. 203–220.
- GALLOTTI, Gilson José Marcinichen; BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio; BACKES, Rogério Luiz. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no

progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Revista Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 2, p. 87–93, 2005.

GARCIA, Alexandre *et al.* Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: discovery of a novel locus and alleles. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 117, n. 4, p. 545–553, mai 2008.

GASPARETTO, Rodrigo *et al.* Eficiência e viabilidade econômica da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja em campo grande, ms. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 2, p. 251–260, abr./jun. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39103/1/Artigo-AIB-Celso.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2020.

GHELLER, Jorge Alberto *et al.* **Monitoramento de *Phakopsora pachyrhizi* para tomada de decisão do controle da ferrugem-asiática da soja: relato da experiência da EMATER-PR na safra 2016-17.** 2017. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164115/1/CT-134-OL1>. Acesso em: 08 out. 2018.

GISI, Ulrich; SIEROTZKI, Helge. Fungicide modes of action and resistance in downy mildews. **Plant Pathology**, v. 122, n. 1, p. 157–167, 2008.

GODOY, Claudia Vieira *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146405/1/CT119-OL.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2018.

GODOY, Claudia Vieira *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: Embrapa Soja, 2017. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 129). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162648/1/CT-129-ferrugem-OL.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.

GODOY, Claudia Vieira *et al.* **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/182754/1/CT138-ferrugem-OL-1.pdf>. Acesso em: 24 maio 20.

GODOY, Claudia Vieira *et al.* Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, pr. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 1, p. 56–61, jan./fev. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/tpp/v34n1/a11v34n1>. Acesso em: 15 abr. 2020.

GODOY, Claudia Vieira; CANTERI, Marcelo Giovanetti. Efeitos protetor, curativo e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 97–101, jan./fev. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/fb/v29n1/a16v29n1.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2020.

- GODOY, Claudia Vieira; KOGA, Lucimara Junko; CANTERI, Marcelo Giovanetti. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 63–68, jan./fev. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/fb/v31n1/a11v31n1.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.
- HARTMAN, Glen L *et al.* Rust. In: _____. **Compendium of soybean diseases and pests**. 5. ed. Saint Paul: APS Press, 2015. cap. 1, p. 56–59.
- HARTMAN, Glen L.; WANG, T. C.; SHANMUGASUNDARAM, S. Soybean rust research and future prospects. In: WORD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 1., 1997, Bangkok. **WORD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**. Bangkok, 1997. p. 180–186.
- HARTWIG, Edgar Emerson; BROMFIELD, Kenneth R. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. **Crop Science**, v. 23, n. 2, p. 237–239, 1983.
- HARTWIG, Edgar Emerson. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. **Crop Science**, v. 26, n. 6, p. 1135–1136, 1986.
- HEAGLE, Allen S; MOORE, M. B. Some effects of moderate adult resistance to crown rust of oats. **Phytopathology**, v. 60, n. 3, p. 461–466, 1970.
- HENNING, Ademir Assis *et al.* **Manual de identificação de doenças de soja**. 5. ed. Londrina: Embrapa soja, 2014. 78 p.
- HIROMOTO, Dario Minoru; CAJU, J.; CAMACHO, S. A. Doenças da soja. In: _____. **Boletim de Pesquisa de Soja 2010**. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2010. cap. 1, p. 218–274.
- ISSN Costamilan, Leila Maria and Bertagnolli, Paulo Fernando and YORINORI, José Tadash; JUNIOR, José Nunes; LAZZAROTTO, Joelcio José. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle**. Londrina, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/467712/1/Documentos247.pdf>. Acesso em: 22 maio 2020.
- KAWUKI, Robert Sezi; TUKAMUHABWA, P.; ADIPALA, E. Soybean rust severity, rate of rust development, and tolerance as influenced by maturity period and season. **Crop Science**, v. 23, n. 5, p. 447–455, 2004.
- KILLGORE, E.; HEU, R. First report of soybean rust in hawaii. **Plant Disease**, v. 78, n. 1, p. 12–16, 1994.
- KLOSOWSKI, Ana C. *et al.* Detection of the f129I mutation in the cytochrome b gene in phakopsora pachyrhizi. **Pest Management Science**, v. 72, n. 6, p. 1211–1215, 2016.
- KOCHMAN, J. K. The effect of temperature on development of soybean rust (phakopsora pachyrhizi). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 30, n. 2, p. 273–277, 1979.

KUDO, Hirofumi *et al.* Soybean germplasm with resistance and tolerance to asian rust and screening methods. In: __. **Facing the challenge of soybean rust in South America**. Tsukuba: JIRCAS Working Report, 2008. cap. 1, p. 70–87.

LEVY, Clive. Epidemiology and chemical control of soybean rust in southern africa. **Plant disease**, v. 89, n. 6, p. 669–674, jun. 205. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PD-89-0669>. Acesso em: 04 abr. 2020.

LI, Shuxian *et al.* Identification of a new soybean rust resistance gene in pi567102b. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 125, n. 1, p. 133–142, 2012.

MAPHOSA, Mcebisi; TALWANA, Herbert; TUKAMUHABWA, Phinehas. Assessment of comparative virulence and resistance in soybeans using field isolates of soybean rust. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 5, p. 294–257, abr. 2013. Disponível em: <http://197.221.241.74/bitstream/123456789/125/1/Maphosa%20et%20al.%2C%202013%20%40%40%40.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2020.

MARTINS, Juliana Araújo Santos; JULIATT, Fernando César. Genetic control of partial resistance to asian soybean rust. **Acta Scientiarum – Agronomy**, v. 36, n. 1, p. 11–17, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/asagr/v36n1/v36n1a03.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

MATEI, Gilvani *et al.* Agronomic performance of modern soybean cultivars in multi-environment trials. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 52, n. 7, p. 500–511, jul. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v52n7/1678-3921-pab-52-07-00500.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2020.

MCLEAN, R. J.; BYTH, D. E. Inheritance of resistance to rust (*phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 31, n. 5, p. 951–956, 1980.

MELLO, Carlos Lásaro Pereira; ROESE ALEXANDRE DINNYS, Goulart Augusto César Pereira. Tolerância de genótipos de soja à ferrugem-asiática. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1353–1360, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/cr/v45n8/1678-4596-cr-0103_8478cr20141309.pdf. Acesso em: 12 mar. 2020.

MOREL, Wilfrido. **Roya de la soja**. Capitán Miranda, 2001.

MOURA, Bianca; BOLLER, Walter; DEUNER, Carolina Cardoso. In vitro determination of fungicide inhibitory concentration for *phakopsora pachyrhizi* isolates. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 170–171, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sp/v42n2/0100-5405-sp-42-2-0170.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2018.

MOURA, Bianca. **Deposição de fungicida em cultivares de soja com diferentes hábitos de crescimento, controle e sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas**. 148 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015. Disponível em: <http://10.0.217.128:8080/jspui/handle/tede/447>. Acesso em: 30 nov. 2018.

MOURA, Bianca. **Ferrugem-asiática da soja: interações entre cultivares e volumes de calda no controle da doença e sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas**. 118 p. Tese (Doutorado) — Universidade de Passo Fundo,

Passo Fundo, 2018. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1474>. Acesso em: 08 out. 2018.

NUNES, Cley Donizeti Martins *et al.* Eficiência do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja, safra 2011/12. In: EMBRAPA, 39., 2012, Passo Fundo. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. p. 182–184. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/74847/1/0000000560-XXXIX-RPSRS-A5-atas-e-resumos-reuniao-soja-2012.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

PARLEVLIT, Jan E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, v. 17, n. 1, p. 203–222, 1979.

PIRES, Luiz Paulo Miranda *et al.* Desempenho de genótipos de soja, cultivados na região centro-sul do estado do Tocantins, safra 2009/2010. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 214–223, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11682/8481>. Acesso em: 15 mar. 2020.

RAY, Jeffery D. *et al.* Genetic resistance to soybean rust in pi567099a is at or near the rpp3 locus. **Journal of Crop Improvement**, v. 25, n. 3, p. 219–231, 2011.

REIS, Erlei Melo *et al.* **Evolução de redução de sensibilidade de Phakopsora pachyrhizi a fungicidas e estratégias para recuperar a eficiência do controle**. 3. ed. Passo Fundo: Berthier, 2017. 104 p.

REIS, Erlei Melo *et al.* **Redução da sensibilidade de Phakopsora pachyrhizi a fungicidas e estratégias para recuperar a eficiência de controle**. 1. ed. Passo Fundo: Berthier, 2014. 56 p.

REIS, Erlei Melo; CASA, Ricardo Trezzi; MICHEL, C. Ocorrência de epidemia de ferrugem da soja no Rio Grande do Sul na safra 2001/2002. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 198–199, 2002.

REIS, Erlei Melo; CASA, Rizado Trezi. Ferrugem asiática. In: _____. **Doenças da soja**. Passo Fundo: Berthier, 2012. cap. 1, p. 69–105.

REIS, Erlei Melo; REIS, Andrea Camargo; CARMONA, Marcelo Anibal. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. 6. ed. Passo Fundo: Universidade Passo Fundo, 2010.

resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162648/1/CT-129-ferrugem-OL.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.

RUSSELL, Phil. Sensitivity baseline in fungicide resistance research and management. **Crop Life International**, v. 1, n. 3, p. 60, 2002. Disponível em: <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-3.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

SACON, Daivid. **Integração entre controle genético e químico sobre o progresso da ferrugem asiática e a produtividade da soja**. 25 p. Monografia (graduação) — Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2018. Disponível

em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2028/1/SACON.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

SCHMITZ, Helena K *et al.* Sensitivity of phakopsora pachyrhizi towards quinone-*outside-inhibitors* and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, v. 70, n. 3, p. 378–388, 2014.

SEDIYAMA, Tuneo; SILVA, Felipe; BORÉM, Aluízio. Botânica e fenologia. In: _____ **Soja: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. cap. 1, p. 27–53.

SHANER, Gregory; FINNEY, Robert E. The effects of nitrogen fertilization on the expression of show-mildwing in knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051–1056, 1977. Disponível em:

https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1977Articles/Phyto67n08_1051.pdf. Acesso em: 14 maio 2020.

SIEROTZKI, Helge; SCALIET, Gabriel. A review of current knowledge of resistance aspects for the next-generation succinate dehydrogenase inhibitor fungicides.

Phytopathology, v. 103, n. 9, p. 880–887, 2013.

SILVA, Junia Vianna Corrêa *et al.* Soybean cultivar performance in the presence of soybean asian rust, in relation to chemical control programs. **European Journal of Pathology**, v. 131, n. 3, p. 409–418, 2011.

SIQUERI, Fabiano Vitor *et al.* A nova cultivar inox (tmg 803) em interação com o fungicida azoxystrobin & ciproconazole no controle da ferrugem asiática da soja.

Revista Biodiversidade, v. 10, n. 1, p. 126–136, 2011.

SOJA, EMBAPA. Controle integrado de doenças de soja. In:_____. **Resultados de pesquisa da Embrapa soja 1997**. Londrina: Embrapa soja, 1997. cap. 1, p. 107–125. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/461079/resultados-de-pesquisa-da-embrapa-soja-1997>. Acesso em: 30 out. 2018.

SOJA, EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014**. 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2020.

TODESCHINI, Matheus Henrique. **Progresso genético da soja no brasil quanto à caracteres fisiológicos e agronômicos**. 50 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3061/1/PB_PPGAG_M_Todeschini%2C%20Matheus%20Henrique%20_2018.pdf. Acesso em: 10 out. 2018.

TOLEDO, José Francisco Ferraz *et al.* Genotype by environmental interaction on soybean yield in mato grosso state, brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 785–791, 2006.

TRENTINI, Decley *et al.* Avaliação da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Revista ciências agroveterinárias e alimentos**, v. 1, n. 2, p. 7–12, 2017.

VAKILLI, N. G.; BROMFIELD, Kenneth R. Phakopsora rust in soybeans and other legumes in puerto rico. **Phakopsora rust in soybeans and other legumes in Puerto Rico**, v. 60, n. 12, p. 995–999, 1976.

XAVIER, Sheila Ariana *et al.* Variação da sensibilidade de populações de phakopsora pachyrhizi a fungicidas inibidores da desmetilação no brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 3, p. 191–196, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sp/v41n3/0100-5405-sp-41-3-0191.pdf>. Acesso em: 25 out. 2018.

YAMANAKA, Naoki *et al.* Multiple rpp-gene pyramiding confers resistance to asian soybean rust isolates that are virulent on each of the pyramided genes. **Tropical Plant Pathology**, v. 40, n. 5, p. 283–290, 2015.

YAMANAKA, Naoki *et al.* Resistance to asian soybean rust in soybean lines with the pyramided three rpp genes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, n. 1, p. 78–82, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cbab/v13n1/a09v13n1.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

YANG, Xiao-Bing *et al.* Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybeans infected with phakopsora pachyrhizi. **Phytopathology**, v. 81, n. 11, p. 1420–1426, 1991. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n11_1420.PDF. Acesso em: 10 mar. 2020.