

MORONY MARTINS OLIVEIRA

CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E RESISTÊNCIA PARCIAL À
FERRUGEM ASIÁTICA EM GENÓTIPOS PRECOSES DE SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Fitopatologia, para obtenção do título
de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- O48c
2017
- Oliveira, Morony Martins, 1991
Caracteres morfoagronômicos e resistência parcial à ferrugem asiática em genótipos precoces de soja / Morony Martins Oliveira. - 2017.
35 p. : il.
- Orientador: Fernando Cezar Juliatti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2017.5>
Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Soja - Doenças e pragas - Teses. 3. Ferrugem asiática - Teses. 4. Ferrugem da soja (Doença) - Teses. I. Juliatti, Fernando Cezar, 1957- . II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

MORONY MARTINS OLIVEIRA

CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E RESISTÊNCIA PARCIAL À
FERRUGEM ASIÁTICA EM GENÓTIPOS PRECOSES DE SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Fitopatologia, para obtenção do título
de “Mestre”.

APROVADO em 30 de maio de 2017

Prof. Dr. Alison Talis Martins Lima	UFU
Dra. Tâmara Prado de Moraes	UFU
Prof. Dra. Juliana Araújo Santos Martins	IFTM

Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Nelson e Maria Helena, que dignamente me apresentaram a importância da família e a orientação pela honestidade e persistência. Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus acima de tudo.

Aos meus pais, Nelson e Maria Helena, por muitas vezes terem sacrificado seus sonhos em favor dos meus, pelo amor e incentivo constante.

Ao meu irmão Molina, pelo carinho e grande apoio durante a realização deste trabalho.

Ao professor Fernando Cezar Juliatti pelos ensinamentos, orientação e confiança no meu trabalho.

Aos funcionários da Fazenda do Glória, que auxiliaram na execução do experimento.

A todos os professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Instituto de Ciências Agrárias da UFU.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que contribuíram para execução deste trabalho.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	A cultura da soja	3
2.1.1	Características gerais	3
2.1.2	Importância econômica no Brasil	4
2.2	Ferrugem asiática da soja	5
2.2.1	Histórico e importância econômica	5
2.2.2	Sintomatologia	7
2.2.3	Etiologia e epidemiologia	8
2.2.4	Manejo da doença	9
2.2.5	Resistência genética	10
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5	CONCLUSÕES	28
	REFERÊNCIAS	29
	ANEXO A - Dados climatológicos da estação automática A507 – Uberlândia	35

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 Escala diagramática de ferrugem (<i>P. pachyrhizi</i>) da soja (POLIZEL e JULIATTI, 2010).....	15
--	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Duração total do ciclo de vida, em dias, em função do grupo de maturação e macrorregião	4
TABELA 2	Genótipos de soja e seus respectivos pedigree. Uberlândia, UFU, 2015	13
TABELA 3	Quadro da análise da variância da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).....	18
TABELA 4	Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática da soja (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>), em condições de campo. Fazenda do Glória, Uberlândia-MG, 2016.....	22
TABELA 5	Avaliação das médias de número de dias para florescimento, altura da planta no florescimento, número de dias para maturação e altura da planta na maturação de genótipos de soja-LAGER UFU	24
TABELA 6	Avaliação da produtividade de genótipos de soja LAGER-UFU	26
TABELA 7	Coefficiente de correlação simples de Pearson (r) e probabilidade (%) pelo teste t entre variáveis agronômicas para 12 genótipos ciclo curto - LAGER UFU	27

RESUMO

OLIVEIRA, MORONY MARTINS. **Caracteres morfoagronômicos e resistência parcial à ferrugem asiática em genótipos precoces de soja.** 2017. 35 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

A soja, mesmo com a evolução tecnológica, não atingiu ainda uma média de produção brasileira de 4.000 kg ha⁻¹ devido aos fatores clima, nutrição e fertilidade do solo, genética e problemas fitossanitários. Dentre eles está a doença ferrugem-asiática da soja, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & Syd., uma das mais severas, com danos variando até 100%. Dentre as estratégias de manejo estão o uso de genótipos precoces, uso de fungicidas de forma preventiva e cultivares com resistência parcial e tolerantes ao fitopatógeno. Para a obtenção de cultivares resistentes, seis genes dominantes, que condicionam a resistência vertical (qualitativa), já foram relatados na literatura, mas a estabilidade desse tipo de resistência não é durável. Portanto, a identificação de genótipos que possam ser utilizados como fontes de resistência horizontal (quantitativa), é primordial para aumentar a longevidade das cultivares lançadas no mercado brasileiro. Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência de 12 genótipos de soja frente ao patógeno e respostas na produtividade. O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda do Glória, na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada no município de Uberlândia, MG, Brasil. No ano agrícola 2015/2016 foi conduzido um experimento com subparcelas com ou sem fungicida AZOXISTROBINA + BENZOINDIFLUPIR e subsubparcelas relacionadas a posição de avaliação na planta. Foram 12 genótipos de ciclo precoce, sendo 10 provenientes do laboratório de germoplasma da UFU (LAGER), uma testemunha comercial suscetível e uma testemunha do LAGER conhecidamente resistente, delineados em blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas experimentais foram representadas por duas fileiras de 6 m x 0,5 m, sendo que a área útil de 2,5 m² constituiu-se pelas duas fileiras centrais, eliminando-se 0,5 m em cada extremidade da parcela. Os genótipos LAGER-210 e LAGER-216 foram selecionados para estudos de valor de cultivo e uso (VCU) por apresentarem resistência parcial à ferrugem, tolerância, ciclo curto, boas características morfoagronômicas e maiores produtividades.

Palavras-chave: soja, resistência e ferrugem

¹ Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti – UFU.

ABSTRACT

OLIVEIRA, MORONY MARTINS. **Morphoagronomic characters and partial resistance to soybean rust in early soybean genotypes.** 2017. 35p. Uberlândia: UFU, 2017. 26 p. Dissertation (Master Program Agronomy/Fitopatology) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia.¹

Soybean crop, despite the technological evolution, did not reach an average of 4,000 kg ha⁻¹ in Brazil due to the factors of climate, nutrition and soil fertility, genetics and phytosanitary problems. Among them is the rust-soy disease of soybean, caused by the fungus *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & Syd., one of the most severe, with damage ranging up to 100%. Among the management strategies are the use of early genotypes, use of preventive fungicides and cultivars with partial resistance and tolerant to phytopathogen. To obtain resistant cultivars, six dominant genes that condition vertical (qualitative) resistance, have already been reported in the literature, but the stability of this type of resistance is not durable. Therefore, the identification of genotypes that can be used as sources of horizontal (quantitative) resistance is essential to increase the longevity of the cultivars launched in the Brazilian market. This work aimed to evaluate the resistance of 12 soybean genotypes to the pathogen and yield responses. This work was developed at Fazenda do Glória, in Federal University of Uberlândia (UFU), located in the city of Uberlândia, MG, Brazil. In the agricultural year 2015/2016 an experiment was carried out with subplots with or without fungicide AZOXISTROBINA + BENZOINDIFLUPIR and subsubplots related to the evaluation position in the plant. There were 12 early-cycle genotypes, 10 from the UFU germplasm laboratory (LAGER), a commercial susceptible control, and a known resistant LAGER control. They were outlined in randomized blocks with four replicates. The experimental plots were represented by two rows of 6 m x 0.5 m, and the 2.5 m² area consisted of the two central rows, eliminating 0.5 m at each end of the plot. The LAGER-210 and LAGER-216 genotypes were selected for crop and use value (CUV) studies because they showed partial resistance to rust, tolerance, short cycle, good morphoagronomic characteristics and higher yields.

Keywords: soybean, resistance and rust

¹ Major Professor: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti – UFU.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura desde o período colonial é um dos setores mais importantes da economia brasileira. Atualmente, dentre as espécies de plantas cultivadas, a soja [*Glycine max* (L.) Merrill] se destaca tanto no Brasil como no mundo. O principal uso da soja está na produção de óleo e farelo, além do consumo in natura em menor escala de comercialização. Como o farelo de soja é uma fonte de proteína barata e de qualidade, esse produto é um dos mais importantes nas rações para animais. O óleo de soja é o principal óleo vegetal consumido no mundo e sua demanda deverá aumentar como consequência do crescimento do uso de combustíveis renováveis, tais como o biodiesel.

Esse crescimento da demanda pela soja é refletido na produção. Na safra 2016/2017, a produção foi estimada em 114,04 milhões de toneladas, um incremento de 19,5% em relação à safra passada e a área plantada com a soja, estimada em 33,92 milhões de hectares, obteve variação positiva de 2% ao ano anterior. A estimativa de exportação de grãos de soja para a safra é de 63 milhões de toneladas (COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017).

Tendo em vista a grande importância da soja para o agronegócio brasileiro, pesquisas acerca dos fatores que limitam a expressão máxima da produtividade são necessárias. Dentre os principais desafios encontrados no campo, as doenças têm papel de destaque. Segundo estimativas, as perdas anuais de produção por esse fator podem chegar a 20% e, em algumas condições específicas, quase 100%. De toda a gama de agentes patogênicos, dentre os quais fungos, bactérias, nematoides e vírus, cerca de 40 doenças já foram constatadas no Brasil (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - EMBRAPA, 2014). A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. Dentre as principais doenças da soja, a ferrugem asiática da soja possui o maior destaque (EMBRAPA, 2014).

A ferrugem asiática da soja é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd. e chegou à América do Sul no ano 2001, disseminando com grande velocidade pelas principais zonas produtoras de soja do Brasil (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004). A doença manifestou-se altamente agressiva, principalmente por gerar desfolha precoce, o que influencia negativamente a formação e a granação das vagens, além do peso final dos grãos. Quanto mais precoce ocorrer a desfolha, menor será o tamanho do grão e, portanto, maior a perda de rendimento e de qualidade (DALLA LANA et al., 2015).

Atualmente, o controle químico é a principal medida para a redução dos danos causados pelo patógeno. Em média, são feitas de duas a três aplicações de fungicida por safra, o que eleva bastante o custo de produção da cultura (SCHWERZ et al., 2016). Outras técnicas de manejo vêm sendo adotadas pelas principais zonas produtoras de soja do país como forma de reduzir o número de aplicações de fungicidas. Uma dessas técnicas é o “vazio sanitário”, uma medida legislativa que, por meio de instruções normativas de cada Estado, proíbe o cultivo da soja no período da entressafra e demanda a destruição de plantas voluntárias da cultura nos locais de cultivo (SEIXAS; GODOY, 2007). Essa técnica visa diminuir o efeito da “ponte verde” e, conseqüentemente, gera redução do inóculo inicial do patógeno a fim de atrasar, o máximo possível, o início da epidemia.

Outra técnica de manejo é o uso de cultivares de ciclo precoce, com semeadura no início da estação de cultivo. Dessa maneira, o começo da epidemia, retardada pela diminuição do inóculo inicial causada pelo “vazio sanitário”, será verificada apenas quando as plantas já estão em fase avançada do desenvolvimento, com a maior parte da produtividade já garantida. Nessas circunstâncias, o controle químico torna-se mais eficaz e requer menor quantidade de pulverizações.

Somado a isso, a resistência genética à ferrugem asiática é um componente fundamental do manejo integrado para o controle sustentável da doença, tanto do ponto de vista da relação custo-benefício para o agricultor, quanto do ponto de vista ambiental. Atualmente já foram identificados alguns genes principais que controlam a resistência à ferrugem asiática (LI et al., 2012). Porém, existem evidências de que o agente causal da ferrugem apresenta elevada variabilidade (AKAMATSU et al., 2013; KATO; YORINORI, 2008). Devido ao risco de quebra da resistência vertical, o direcionamento dos programas de melhoramento genético para obtenção de genótipos tolerantes torna-se viável, não apenas como estratégia isolada, mas em combinação com outras formas de resistência. Uma estratégia para se avaliar a tolerância tem sido o uso de manejos com diferentes tipos de fungicidas para comparar genótipos na presença e na ausência da ferrugem, estimando-se o efeito ferrugem (perdas causadas pela ferrugem) com base na produtividade de grãos (CARNEIRO, 2007).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência parcial à ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) e os caracteres morfoagronômicos de diferentes genótipos de soja em condições de campo, submetidos ao controle químico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura da soja

2.1.1. Características gerais

A soja cultivada [*Glycine max* (L.) Merrill] pertence à família Fabaceae, divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, sub-classe Rosidae e ordem Fabales (SOUZA; LORENZI, 2005). É uma planta autógama, ou seja, reproduz-se por meio de autofecundação natural. A autofecundação sucessiva leva à homozigose e assim a cultivar é representada por um genótipo homozigoto (SOUZA, 2001).

O centro primário de diversidade da soja está localizado na região leste da Ásia, provavelmente na região Centro-Sul da China. Os indícios apontam o início da domesticação no século V a.C., na região chinesa da Manchúria, constituindo assim o centro secundário (XU et al., 1989). O domínio do centro de origem de uma espécie cultivada é de grande valia para o êxito de um programa de melhoramento, pois frequentemente o melhorista necessita buscar variabilidade genética no centro primário para vencer os desafios que estão frequentemente aparecendo, como novas pragas e doenças.

A soja é uma planta classificada como de ciclo de vida anual, herbácea, ereta e com hábito de crescimento determinado ou indeterminado. Possui caule muito ou pouco ramificado, com hastes e vagens pubescentes. A altura da planta varia de acordo com o genótipo e o ambiente, em uma faixa de 0,3 a 2,0 metros (SEDIYAMA et al., 1985).

Quanto ao ciclo de vida, existe uma classificação em desuso, mas ainda utilizada por alguns produtores e pesquisadores variando conforme a região. Em Minas Gerais, era classificado como: semiprecoce (101 a 110 dias); médio (111 a 125 dias); semitardio (125-145 dias); ou tardio (>145 dias) (NEPOMUCENO; FARIAS; NEUMAIER, 2008). Atualmente, uma nova classificação baseada na americana vem sendo adotada para definir a duração total do ciclo das cultivares de soja no Brasil, denominando-as em função do grupo de maturação. As cultivares estão divididas em 13 grupos e engloba a interação dos fatores fotoperíodo, temperatura do ar e a adaptação da cultivar ao local de cultivo (ALLIPRANDINI et al., 2009). Com base na região de cultivo e nos grupos de maturação utilizados no Brasil, Kaster e Farias (2011) apresentam a duração total do ciclo de vida em dias, definição a qual é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Duração total do ciclo de vida, em dias, em função do grupo de maturação e macrorregião

Macrorregião	Ciclo Curto		Ciclo Médio		Ciclo Longo	
	GMR ¹	NDM ²	GMR	NDM	GMR	NDM
Sul	≤6,3	≤130	6,4 a 7,4	131 a 145	≥7,5	≥146
Centro-Sul	≤6,7	≤125	6,8 a 7,6	126 a 135	≥7,7	≥136
Sudeste	≤7,5	≤120	7,6 a 8,2	121 a 130	≥8,3	≥131
Centro-Oeste	≤7,8	≤115	7,9 a 8,5	116 a 125	≥8,6	≥126
Norte/Nordeste	≤8,6	≤112	8,7 a 9,3	113 a 125	≥9,4	≥126

¹Grupo de Maturação Relativa (ALLIPRANDINI et al., 2009); ²Número de dias para a maturação

É uma espécie nutricionalmente importante, pois possui altos teores de óleo e proteína e também pode ser fonte de vitaminas e minerais (OLIVEIRA, 1981). Assim sendo, a soja é essencial na alimentação humana e largamente empregada como fonte de proteína na ração animal. Com o avanço da pesquisa, novas alternativas estão surgindo para o uso da soja. O biodiesel, derivado do óleo de soja, apresenta propriedades similares às do óleo diesel, com a vantagem de ser um recurso renovável (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005).

2.1.2. Importância econômica no Brasil

A soja foi introduzida no Brasil em 1882 por Gustavo Dutra no estado da Bahia, sendo realizados estudos e avaliações de exemplares dos Estados Unidos. No fim do século XIX foram realizados testes de adaptação de cultivares pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), do Estado de São Paulo. Neste período, a soja era cultivada como planta forrageira voltada para alimentação animal e ainda não era vista como um produto voltado para óleo vegetal ou alimentação humana (EMBRAPA, 2014).

O primeiro registro do cultivo comercial de soja foi no estado do Rio Grande do Sul, em 1914, onde as cultivares encontraram condições edafoclimáticas comparadas às dos Estados Unidos e puderam avançar de forma bem-sucedida. Porém, apenas em 1941 a soja adquiriu relevância financeira e no ano de 1949 o Brasil se delineou na qualidade

de produtor mundial de soja, com 25 mil toneladas produzidas (DALL'AGNOL; LAZAROTTO; HIRAKURI, 2010). Na década de 1980, a cultura da soja migrou para o bioma cerrado, no estado do Mato Grosso, que nessa década possuía percentual de 20% de produção, passando para mais de 40% em 1990 e 60% em 2003, tornando-se o líder em produção e produtividade de soja da região.

A cultura ao longo dos anos apresentou recordes sobre recordes de produtividade. No final da década de 1970 a produtividade média nacional variava na faixa de 20 sacas de 60 kg por hectare, atualmente esse valor está próximo de 50 sacas por hectare (CONAB, 2017). Segundo Freitas (2011), a evolução no crescimento da soja no Brasil deve-se ao progresso tecnológico e ao lançamento de cultivares elite, com boa adaptabilidade a variadas regiões e resistentes ou tolerantes a vários patógenos.

A cultura da soja alavancou uma revolução social, econômica e modernização tecnológica no país, propiciando progresso e prosperidade e firmando transformações na história do país. Dessa maneira, acelerou o processo de mecanização nas lavouras brasileiras, proporcionando a expansão da fronteira agrícola, profissionalização e incremento do comércio internacional, impulsionando outras áreas da agroindústria nacional, como a suinocultura e avicultura. Dentre os grandes produtores mundiais de soja, o Brasil apresenta melhores condições de expansão e produção devido às suas extensas áreas de cerrado e topografia favorável (EMBRAPA, 2014).

Por todos esses fatores, entende-se que a rentabilidade da cultura é muito atrativa. Porém, Colussi et al. (2016), demonstram que os custos de produção foram superiores aos preços médios de mercado de 2005 a 2007, com o aumento dos gastos com fungicidas para controle da ferrugem asiática. O surgimento dessa doença é considerado, pelos autores, um divisor no combate às doenças na agricultura brasileira. A partir de 2008, com o surgimento de novas práticas de controle da ferrugem asiática nas plantações, reduziu-se o número de aplicações de fungicidas e, conseqüentemente, os custos de produção. No ano de 2014 o custo médio de produção de uma saca de 60 kg foi próximo a US\$10,48, já o preço médio da mesma no mercado internacional foi de US\$16,10.

2.2. Ferrugem asiática da soja

2.2.1. Histórico e importância econômica

A ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, é conhecida desde 1902, quando foi detectada no Japão e se disseminou para outros países da Ásia e na Austrália (HENNING, 1903). Foi observada pela primeira vez no Havaí em 1994 (KILLGORE; HEU, 1994). Em 1996, foi descoberta em Uganda na África e em 2001 foi constatada na África do Sul e no Continente Americano, primeiramente no Paraguai e no Sul do Brasil (oeste e norte do Paraná) (YORINORI et al., 2002). Atualmente, a ferrugem asiática da soja está disseminada em todas as zonas produtoras de soja do país (YORINORI; NUNES JÚNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

A doença teria sido identificada no Brasil na década de 1970 (DESLANDES, 1979), no entanto, descobriu-se mais tarde que se tratava de um outro fungo também causador da ferrugem em soja, porém menos agressivo (AKAMATSU; BARRETO; AKAMATSU, 2004). Atualmente, é de conhecimento da literatura que há dois fungos que causam ferrugem em soja: *P. pachyrhizi*, agente causal da chamada ferrugem asiática, e *P. meibomiae*, agente causal da ferrugem americana, essa bem menos agressiva e não causa prejuízos à cultura (CARVALHO JR; FIGUEIREDO, 2000).

O patógeno *P. pachyrhizi* encontrou condições climáticas ótimas ao seu desenvolvimento no Brasil, clima úmido e temperaturas médias entre 20° e 25° C, o que proporcionou a sua rápida dispersão pelas zonas produtoras de soja, onde cada vez mais tem se notado a alta incidência da doença em épocas mais precoces nas lavouras de soja. Devido à acelerada expansão do patógeno, grandes danos técnicos e econômicos têm sido notados, o que comprometem, demasiadamente, o lucro dos produtores e, em geral, a economia dos países produtores de soja ou com relevância dentro do agronegócio (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004).

Elevados níveis de perda de produtividade regularmente ocorrem quando não se efetua o controle eficaz da doença. É importante destacar que grandes áreas das lavouras, aliadas à monocultura constante, favorecem a maior formação de inóculo e a dispersão do patógeno (ALMEIDA et al., 2005). Outros fatores que diminuem a eficácia do manejo da doença são: o surgimento de diferentes isolados do patógeno; a falta de parâmetros técnicos na aplicação de fungicidas; o uso de alta densidade populacional de plantas e a semeadura tardia, além da permanência do patógeno em plantas voluntárias de soja e em hospedeiros alternativos, na entressafra (YORINORI; NUNES JÚNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

O prejuízo gerado pela ferrugem asiática da soja no Brasil entre 2001 e 2015 foi estimado em 30 bilhões de dólares, inseridas as perdas em produtividade e o custo do

manejo da doença (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DO ESTADO DE MATO GROSSO - APROSOJA, 2017).

Apesar de a quantidade de aplicações de fungicida na cultura variar conforme a região e as condições climáticas de cada safra, raramente um cultivo de soja é conduzido sem, no mínimo, duas deposições de fungicida para o manejo da ferrugem. Esta prática onera significativamente as despesas de produção e diminui o lucro com a cultura (COLUSSI et al., 2016).

Em função das grandes perdas na produtividade e elevação de custos na produção para o controle da ferrugem, a estratégia mais eficiente e sustentável para o controle dessa doença é o uso de variedades resistentes e com alta produtividade (YORINORI et al., 2004).

2.2.2. Sintomatologia

Os sintomas gerados pela ferrugem asiática podem surgir seja qual for o estágio da planta, em folíolos, hastes e vagens, sendo mais habitual começar seu crescimento em folíolos posicionados no terço inferior da soja (YORINORI; NUNES JÚNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

Os primeiros sintomas são definidos por pequenos pontos (1-2 mm de diâmetro) mais escurecidos que o tecido sadio das folhas, exibindo cor que varia do esverdeado a cinza-esverdeado, verificando-se especialmente no terço inferior das plantas. A causa deste tipo de acontecimento é referente ao microclima mais vantajoso a germinação dos esporos, penetração e infecção pelo patógeno.

As lesões são relevantes na face abaxial da folha e associadas às urédias, que equivalem às estruturas de multiplicação do patógeno, mostrando determinada proeminência equivalente a um “vulcão” e podendo ser observada com ajuda de uma lupa de 20x (CONSORCIO ANTIFERRUGEM, 2017).

Com o tempo, as urédias tornam-se castanho-claras a castanho-escuras e emitem um minúsculo poro, os urediniosporos, que são levados pelo vento. As folhas infectadas empalidecem, definham e caem cedo tendo potencial de diminuir o ciclo da cultura em até 25 dias, comprometendo o desenvolvimento e o enchimento das sementes, levando a grandes perdas de produtividade e queda na qualidade (HENNING et al., 2009)

2.2.3. Etiologia e epidemiologia

Phakopsora pachyrhizi é um parasita obrigatório, pois permanece exclusivamente em hospedeiros vivos, é dispersado pelo vento e não é transmitido por sementes. Portanto, para resistir na entressafra, necessita de hospedeiros alternativos, da soja voluntária ou de cultivos irrigados.

A dispersão é feita essencialmente através dos uredíniosporos pelo vento. O ciclo da doença tem duração de seis a sete dias, em que se torna policíclica, completando vários ciclos durante o ciclo do hospedeiro (YORINORI; NUNES JÚNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

As condições climáticas favoráveis à evolução da doença são chuvas bem distribuídas e longos períodos de molhamento nas folhas (excelente entre 10 e 12 horas), sendo que quanto maior for a duração do período de molhamento foliar, maiores serão as chances de se obter sucesso na infecção (HENNING et al, 2009). A faixa de temperatura ótima para seu desenvolvimento é entre 18 e 28°C (YORINORI; WILFRIDO, 2002). Em condições perfeitas de temperatura, ao redor de cinco dias após a penetração, é fácil visualizar os sintomas iniciais. Com mais quatro a seis dias, as urédias (saliências) podem ser visualizadas e os “novos” esporos começam a ser expelidos. Cada urédia pode produzir esporos por 21 dias. Esses esporos vão iniciar novas infecções no mesmo cultivo ou irão, através do vento, para lavouras mais afastadas (CONSORCIO ANTIFERRUGEM, 2017).

Fatores particulares do hospedeiro também influem na doença. A maior suscetibilidade das folhas mais velhas pode ser remetida aos maiores períodos de molhamento ocasionados pelo microclima e menor irradiação ocorrente nas folhas baixas das plantas, uma vez que a radiação pode afetar a germinação dos uredíniosporos (ISARD et al., 2006). Estas circunstâncias podem esclarecer o desenvolvimento da doença no rumo base-ápice das plantas de soja, em situações de campo.

Os sintomas da ferrugem asiática podem surgir em qualquer momento do estágio fenológico da cultura. Porém, tem surgido de forma mais frequente em plantas próximas ou em plena floração. Sempre que o processo de infecção se inicia a partir do estágio R1/R2 da soja, é observado aumento significativo do dano, embora a ocorrência da doença em estágios fenológicos mais avançados também possa acarretar dano muito elevado (AZEVEDO et al., 2004). Outro fator que associado a outros já citados pode

determinar a perda de produtividade é a intensidade da doença: quanto maior a severidade, maiores as chances de altas perdas.

2.2.4. Manejo da doença

A ferrugem asiática da soja é uma doença que exige que variadas medidas de controle sejam empregadas, de forma integrada, para que otimize o seu controle. Medidas de controle químico, cultural e genético podem ser utilizadas para garantir o potencial produtivo e reduzir os danos causados pelo fungo (LEMES; GAVASSONI, 2015).

O controle químico de doenças de plantas é, em muitos casos, uma medida bastante eficiente e economicamente viável para se garantir as altas produtividades e a qualidade da produção. Cultivares de soja interessantes pelo bom desempenho agrônomo e pela preferência dos consumidores, geralmente aliam certa vulnerabilidade a diferentes tipos de agentes fitopatogênicos. O controle químico com fungicidas é, atualmente, o principal método de controle, sendo esse de alta importância na manutenção da produtividade (ZAMBOLIM, 2006; LEMES; GAVASSONI, 2015). Ainda que exista atualmente 77 produtos comerciais registrados para o controle (BRASIL, 2017), até o momento, os fungicidas restringem-se à apenas três grupos químicos: inibidores da demetilação na síntese de esteróis DMIs (triazóis), inibidores da quinona oxidase QoI (estrobilurinas) e inibidores da enzima succinato desidrogenase SDHI (carboxamidas).

As carboxamidas não são um grupo químico recente, porém, desde a safra 2014/2015, novos produtos surgiram com ingredientes ativos bastante eficazes para o manejo da ferrugem asiática da soja. Sua ação está na respiração mitocondrial, inibindo a enzima SDHI (succinato desidrogenase), que atua no complexo II da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria, impedindo a oxidação de succinato para fumarato. Assim, como consequência, atua na redução do processo respiratório e bloqueia o fornecimento de energia às células do fungo (FUNGICIDE RESISTENCE ACTION COMMITTEE - FRAC, 2014). O espectro de ação sobre os patógenos é normalmente variável. Alguns ingredientes ativos pertencentes ao subgrupo dos pyrazoles, tal como o benzovindiflupir, apresentam boa ação em deuteromicetos, ascomicetos e basidiomicetos (ferrugens) (MADALOSSO; BALARDIN, 2014).

As carboxamidas podem ter sua eficácia potencializada a partir da adição de ativos dos grupos químicos estrobilurinas e triazóis, conferindo maior espectro de controle, acrescentando consistência ao residual e reduzindo o risco de tolerância/resistência

(MADALOSSO; BALARDIN, 2014). A azoxistrobina é um exemplo pertencente ao grupo das estrobilurinas. As estrobilurinas também interferem na respiração do fungo, bloqueando a transferência de elétrons pelos citocromos b e c₁, através da oxido-redutase de ubihidroquinona-citocromo (GHINI; KIMATI, 2000). Os triazóis, também conhecidos como fungicidas inibidores da desmetilação de esteróis, são caracterizados por inibir a biossíntese de ergosterol, componente essencial da membrana celular dos fungos (YANG et al., 2009). Atuam sobre a enzima 14 α -demetilase, a qual é codificada pelo gene *cyp51*, membro da família do citocromo P450 (ZHAN; STEFANATO; MCDONALD, 2006).

Em março de 2017, foi detectada uma mutação no fungo *P. pachyrhizi*, que o está tornando menos sensível aos fungicidas do grupo das carboxamidas (SDHI). A descoberta foi feita pelo FRAC Brasil (Comitê de monitoramento de resistência de fungos à fungicidas), através de monitoramento em lavouras brasileiras de região com alta pressão da doença e uso intenso destes produtos (HOTA; PIMENTA, 2017).

2.2.5. Resistência genética

A variabilidade do patógeno é um fator de importância. Segundo Akamatsu et al. (2013), em 59 populações de *P. pachyrhizi* coletadas na Argentina, Brasil e Paraguai, apenas dois pares de populações de ferrugem apresentaram perfis de patogenicidade idênticos nas 16 linhagens diferenciadoras. Kato e Yorinori (2008) também sugerem alto nível de variação patogênica na ferrugem da soja do Brasil.

Com a concepção da capacidade do patógeno em desenvolver mutações genéticas, o manejo da doença exige o arranjo de vários procedimentos que visam à diminuição do nível de inóculo, ao qual a soja será exposta. Desta maneira, parâmetros como semeadura de cultivares precoces no início da época indicada para cada local; adaptação da população de plantas; adubação balanceada; destruição de plantas de soja voluntárias e a ausência do plantio de soja no período da entressafra (vazio sanitário), além da retirada de hospedeiros alternativos, são medidas que devem estar coligadas ao controle químico (SOARES et al., 2004; YORINORI; LAZZAROTTO, 2004).

O vazio sanitário praticado por vários estados é uma medida complementar no manejo da ferrugem, por desfazer a “ponte verde” que existe na entressafra e dessa maneira diminuir a quantidade de uredíniosporos no local. Esta providência respeita um

ciclo de 60 a 90 dias com ausência de soja na entressafra, considerando que a viabilidade dos uredíniosporos é de até 55 dias (CONSORCIO ANTIFERRUGEM, 2017).

Em cultivares de ciclo curto, a doença tem menor tempo para causar redução da produtividade, em razão de a cultura ficar menos tempo no campo (SILVA; JULIATTI; SILVA, 2007).

A resistência genética é um componente fundamental do manejo integrado para o controle da ferrugem asiática. O objetivo principal no processo de desenvolvimento de variedades resistentes ou tolerantes é a manutenção da doença em um limiar abaixo dos níveis de dano econômico. O conceito de resistência está relacionado a qualquer característica que previna a infecção ou limite sua extensão, sendo uma reação de defesa do hospedeiro, resultante da soma de fatores que tendem a diminuir a agressividade do agente causal (PARLEVLIET, 1997). A resistência tem como característica a redução da taxa da epidemia por meio da diminuição do número e tamanho das lesões, da diminuição da produção de esporos e do aumento do período latente (WANG; HARTMAN, 1992).

As dificuldades associadas com a identificação e quantificação da resistência do tipo taxa reduzida de desenvolvimento da doença e a inefetividade da resistência raça específica, direcionou a avaliação da soja para tolerância à ferrugem. A resistência reflete a capacidade da planta em suportar o ataque do patógeno sem sofrer danos significativos na produtividade (SCHAFER, 1971; VAN DER PLANK, 1966). Para avaliar a produção relativa, utilizam-se comparações entre a mesma linhagem plantada em uma parcela protegida por fungicida, com plantas da parcela não protegida.

Atualmente, oito locos gênicos de resistência já foram mapeados em soja - *Resistance to Phakopsora pachyrhizi* - Rpp1 (MCLEAN; BYTH, 1980), Rpp2 (BROMFIELD; HARTWIG, 1980), Rpp3 (HARTWIG; BROMFIELD, 1983), Rpp4 (HARTWIG, 1986), Rpp5 (GARCIA et al., 2008), Rpp6 (LI et al., 2012), Rpp1b (CHAKRABORTY et al., 2009) e Rpp? (Hyyuga) (MONTEROS et al., 2007). As respostas de resistência mediadas pelos genes afetam o crescimento fúngico e a esporulação através da formação de lesões visíveis marrom avermelhadas (RB ou Reddish-Brown), sugestivas de uma resposta de tipo hipersensibilidade. Lesões do tipo marrom-claro (TAN) e com urédias totalmente esporulantes geralmente apresentam interação susceptível com FAS (BROMFIELD; HARTWIG, 1980; MILES; FREDERICK; HARTMAN, 2006).

Cultivares com genes de resistência já estão acessíveis comercialmente no Brasil. Porém, essas cultivares não renunciam o uso de fungicidas e devem ser utilizadas como

uma técnica a mais de manejo, de maneira a diminuir o número de aplicações (CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM, 2017; TMG, 2017). Da mesma forma que o fungo *P. pachyrhizi* é capaz de manifestar ou gerar novos isolados resistentes aos diferentes grupos químicos, é capaz de vencer a resistência de novas variedades. Assim sendo, a fim de garantir maior longevidade para a resistência genética e eficácia de controle, trabalhos que avaliem conjuntamente a resistência de genótipos de soja com ou sem aplicação de fungicidas apresentam grande importância.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em área experimental na Fazenda do Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, coordenadas geográficas de 18°57'15,4"S, 48°12'41,1"W e altitude de aproximadamente 860 m. Os dados de temperaturas máximas e mínimas diárias (°C), precipitação (mm) e umidade relativa do ar (%), foram coletados eletronicamente de uma estação automática do Instituto de Nacional de Meteorologia (INMET). Foram coletados dados referentes ao período aproximado de 30 dias após a semeadura até o final do experimento, correspondendo ao intervalo aproximado de 90 dias, representando o período de instalação e evolução da doença na planta hospedeira.

Avaliou-se a severidade do fungo *Phakopsora pachyrhizi* em diferentes genótipos de soja. O experimento foi realizado durante a safra 2015/2016 e iniciou-se com a semeadura da soja no dia 16/12/2015, de forma manual, sendo necessário no dia 09/01/2016 uma ressemeadura para cobrir as falhas provenientes da não germinação e garantir, futuramente, o maior dossel de plantas, contribuindo para a produção de microclima favorável ao patógeno e germinação dos uredíniosporos para início do processo infeccioso.

A implantação do experimento foi em delineamento de blocos casualizados com 12 tratamentos, constituídas pelas linhagens representadas na Tabela 2 de ciclo curto, distribuídas em quatro repetições, sendo o tratamento 11 o padrão de resistência a ferrugem (LAGER-216) e o tratamento 12 o de suscetibilidade (BRX DESAFIO 8473 RSF). As parcelas foram formadas por duas linhas úteis de seis metros de comprimento com espaçamento de 0,5 metros entre linhas. As sementes não foram submetidas a inoculação ou tratamento com defensivos agrícolas.

Tabela 2. Genótipos de soja e seus respectivos pedigree. Uberlândia, UFU, 2015

Genótipo	Pedigree dos Genótipos
LAGER-218	F ₈ BRSGOLuziânia X UFUSImpacta
LAGER-266	F ₈ BRSGOCaiapônia X Potenza
LAGER-144	F ₈ BRSGOCaiapônia X IAC100
LAGER-166	F ₈ BRSGOCaiapônia X IAC100
LAGER-104	F ₈ BRSGOLuziânia X UFUSImpacta
LAGER-203	F ₈ BRSGOLuziânia X Potenza

LAGER-224	F8 BRSGOLuziânia X Potenza
LAGER-268	F8 BRSCaiapônia X Potenza
LAGER-210	F8 BRSGOLuziânia XUFUS Impacta
LAGER-279	F8 BRSGOCaiapônia X Potenza
LAGER-216 (resistente)	F8 BRSGOLuziânia X Potenza
BRX DESAFIO 8473 RSF (susceptível)	-

Para demarcação das extremidades do experimento e proteção das linhas úteis, foram semeadas linhas da cultivar comercial MONSOY M7739 IPRO, que apresenta características agrônômicas de alto vigor e suscetibilidade à ferrugem, fator este que contribuiu para maior incidência de inóculo na área. Na manutenção da cultura foram realizados tratamentos culturais e fitossanitários. Realizou-se capina manual nas entrelinhas para o controle das plantas infestantes. No estádio reprodutivo R1 (início da floração), aplicou-se o fungicida AZOXISTROBINA + BENZOVIDIFLUPIR na dose de 0,250 kg ha⁻¹, com volume de calda de 200 L ha⁻¹. Para a aplicação utilizou-se bomba costal de CO₂ (pressão de 40 libras pol⁻² e pontas TT 110.03), dotada de barra de 3 m, ponta de pulverização tipo leque M034 e volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹. A aplicação foi feita de maneira que metade das parcelas fossem pulverizadas e outra metade permanecesse sem esta aplicação de fungicida.

Durante todo ciclo da cultura, foram realizadas quatro avaliações respeitando o intervalo médio de 10 dias cada uma, aos 51 (01/03/2016), 61 (11/03/2016), 71 (21/03/2016) e 81 (31/03/2016) dias após emergência (DAE). As avaliações consistiram na verificação da severidade da doença por meio da utilização da escala diagramática (Figura 1) (POLIZEL; JULIATTI, 2010), que consiste em apresentar valores de porcentagem de área foliar coberta com sintomas. Foram avaliados nove trifólios por subparcela, coletados no terço médio e terço superior da planta, aleatoriamente na área útil da subparcela, ou seja, nas duas fileiras centrais.

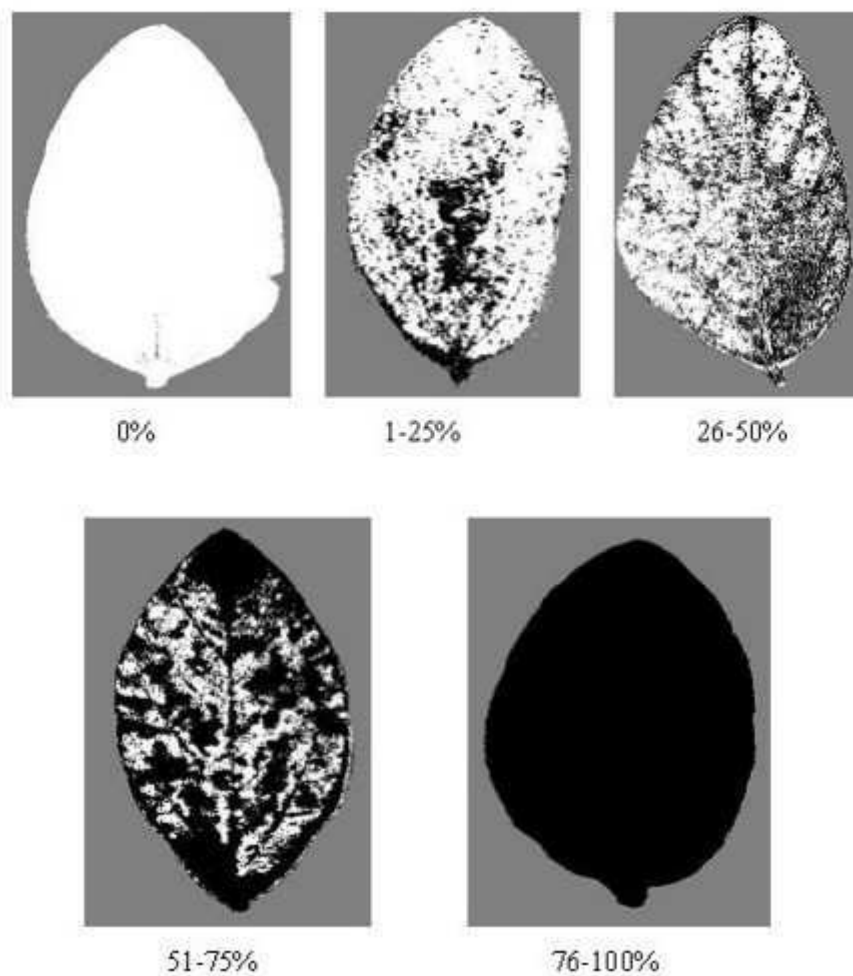


Figura 1. Escala diagramática de ferrugem (*P. pachyrhizi*) da soja (POLIZEL; JULIATTI, 2010)

A partir dos dados de severidade, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Com este sistema pode-se estabelecer uma curva de doença quantificada “versus” tempo. Segundo Shanner e Finley (1977), a AACPD pode ser calculada pela equação:

$$\text{AACPD} = \sum (Y_i + Y_{i+1})/2 * (T_{i+1} - T_i),$$

onde:

AACPD = Área abaixo da curva de progresso da doença;

Y_i = severidade da ferrugem (%) na i -ésima observação;

T_i = tempo (dias) na i -ésima observação.

O desempenho agrônômico dos genótipos de soja foi avaliado com base nos seguintes caracteres em cinco plantas da subparcela útil aleatoriamente, sendo elas:

a) **Número de dias para florescimento:** No início do florescimento, estágio fenologicamente definido pela presença de 50% das plantas com uma flor aberta na haste principal e simbolizado por R1 na escala fenológica de Fehr e Caviness (1977), foi anotada a data de abertura das flores, posteriormente transformada para número de dias entre a emergência e o início do florescimento (CAMARA et al., 1998).

b) **Número de dias para maturidade:** Na maturidade a campo, estágio fenologicamente definido pela presença de 50% das plantas com 95% de vagens maduras e simbolizado por R8 na escala fenológica de Fehr e Caviness (1977), foi anotada a data de sua ocorrência, posteriormente convertida para número de dias entre a emergência e a maturidade a campo (CAMARA et al., 1998).

c) **Altura da planta no florescimento:** No início do florescimento (estádio R1) (FEHR; CAVINESS, 1977), considerou-se como altura de planta a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal de cada planta (CÂMARA et al., 1998).

d) **Altura da planta na maturidade:** Na maturidade (estádio R8) (FEHR; CAVINESS, 1977) e em véspera de colheita, considerou-se como altura de planta a distância compreendida entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal de cada planta (CÂMARA et al., 1998).

e) **Altura de inserção da primeira vagem:** Compreendida como a distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da primeira vagem na haste principal da planta (CÂMARA et al., 1998).

f) **Produtividade de grãos:** Após as determinações finais, em cada extremidade das linhas centrais de cada parcela, foi descontada a distância de 0,50 m para efeito de bordadura. As demais plantas, relativas aos 8,0 metros centrais (duas linhas x 4,0 m), foram colhidas manualmente e trilhadas. Os grãos trilhados foram limpos e sua massa foi determinada. Os valores de massa de grãos obtidos em cada parcela correspondentes a $\text{kg } 4\text{m}^{-2}$ foram transformados para kg ha^{-1} , corrigidos a 13% de umidade, segundo Câmara et al. (1998) conforme a equação:

$$\text{Peso final} = \text{Peso inicial} \times \left(100 - \frac{\text{Umidade inicial}}{100} - \text{Umidade final} \right)$$

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares Genes (CRUZ, 2013), Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016) e Microsoft Office Excel 2016. Os valores de severidade, AACPD e caracteres agronômicos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas através dos testes de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foram também calculados os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre todas as características.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação tripla entre os fatores genótipos, aplicação fungicida e posição da planta, ao nível de 0,01 de probabilidade (Tabela 3). Porém, foi verificado interações duplas significativas entre genótipos x terço da planta e do terço da planta x aplicação.

Foi observada razoável precisão experimental na avaliação da severidade, com os coeficientes de variação (CV) variando próximo de 30% (Tabela 3). O CV mais elevado para o fator A-genótipo (37,32%) foi reduzindo no fator B-aplicação fungicida (26,71%) e fator C-terço da planta (22,48%), provavelmente relacionado ao maior grau de liberdade do resíduo nas sub-parcelas, garantindo essa maior precisão. Esse valor também depende da dispersão do inóculo pelo vento e pela chuva, pois não foi realizada inoculação de maneira controlada. Com isso, faixas do experimento podem não ter sido infectadas de maneira atrasada, o que faz com que parcelas de genótipos sejam um pouco desuniformes.

A interação significativa entre TaxTc (genótipo x terço da planta) pode ter relação com a arquitetura da planta, pois em arquiteturas geométricas de diâmetro largo a deposição do fungicida torna se menos eficaz. A grande quantidade de folhas no dossel intercepta o jato da calda de pulverização, não permitindo que as folhas mais próximas ao solo recebam aplicação direta (DEBORTOLI et al., 2012). Além disso, o microclima se torna mais favorável, pois impede a ação da radiação solar na região do terço inferior das plantas, que influencia negativamente na germinação dos uredíniosporos e mantém a umidade relativa alta, tornando a infecção mais severa (FURTADO et al., 2009). Assim, uma avaliação do valor agrônômico dos genótipos pode vir a ser necessária, quando se analisado FAS. A interação significativa entre TbxTc (fungicida x terço da planta) deixa claro que a relação formada pela arquitetura da planta e a severidade pode realmente ter influência.

Tabela 3. Quadro da análise da variância da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD)

FV*	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	353203,93317	117734,64439	2,4286 ns
Ta ¹	11	4364366,68216	396760,60747	8,1844 **
Resíduo-a ²	33	1599761,05474	48477,60772	

Parcelas	47	6317331,67006		
Tb	1	2827398,57240	2827398,57240	113,8182 **
Int. Ta x Tb	11	221794,74512	20163,15865	0,8117 ns
Resíduo-b	36	894289,07075	24841,36308	
Subparcelas	95	10260814,05833		
Tc	1	8004724,95299	8004724,95299	454,9030 **
Int. Ta x Tc	11	1053440,70177	95767,33652	5,4424 **
Int. Tb x Tc	1	387742,49107	387742,49107	22,0351 **
Int. Ta x Tb x Tc	11	152453,81092	13859,43736	0,7876 ns
Resíduo-c	72	1266951,96556	17596,55508	
Total	191	21126127,98064		

\bar{x} = 589,99567 CV%-a = 37,32 CV%-b = 26,71 CV%-c = 22,48

¹Ta: Fator fixo A (genótipos); Tb: Fator fixo B (aplicação de fungicida); Tc: Fator fixo C (posição da planta). ²Resíduo-a: Resíduo do fator A (genótipos); Resíduo-b: Resíduo do fator B (aplicação de fungicida); Resíduo-c: Resíduo do fator C (posição da planta). *FV: Fonte de variação; GL: Grau de liberdade; SQ: Soma dos quadrados; QM: Quadrado médio; F: Valor de F calculado. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Durante o desenvolvimento da cultura ocorreu clima favorável ao desenvolvimento do patógeno, apresentando taxas de severidade satisfatórias para as avaliações. A precipitação acumulada no período experimental foi de 741 mm, distribuído em 38 dias. Sob condições de campo, os dados de precipitação diária e de dias de precipitação são mais facilmente disponíveis e mensuráveis que o período de molhamento foliar ideal de 12 horas, segundo modelos empíricos de previsão da doença (PONTE et al., 2006). A temperatura máxima foi de 31°C e a mínima de 20°C, bem próximas as médias ótimas de 17°C (mínima) e 27°C (máxima) encontradas na literatura (KOCHMAN, 1979). A umidade relativa máxima do ar foi de 96% e a mínima de 39%, também próximas à faixa ideal de 75 a 80% (Anexo A).

A primeira ocorrência da ferrugem na região do Triângulo Mineiro na safra 2015/2016 foi datada em 15/02/2015, em soja no estágio vegetativo R1, relatado pelo Consórcio Antiferrugem (CONSORCIO ANTIFERRUGEM, 2017). Assim, em razão do plantio do experimento em época avançada, o monitoramento foi iniciado desde o estágio

vegetativo V1. O primeiro foco da FAS na área foi confirmado aos 50 dias após emergência (DAE), no início do florescimento da maioria das parcelas, sendo, então, realizada a primeira avaliação da severidade e a aplicação do fungicida.

A tabela 4 demonstra os efeitos de cada subparcela em relação aos genótipos. Os coeficientes de variação (CV) encontrados indicaram razoável precisão experimental na avaliação da severidade: Com aplicação de fungicida/terço inferior (21,95%), com aplicação de fungicida/terço médio (27,22%), sem aplicação de fungicida/terço inferior (26,83%), sem aplicação de fungicida/terço médio (28,18%) e a média geral (37,32%). Resultados próximos do nível entre 20 e 30% para o CV, em campo, também foram encontrados na literatura (REIS, 2005).

As linhagens apresentaram contraste com o padrão comercial suscetível (BRX DESAFIO 8473 RSF) e diferenciaram entre si, indicando assim a presença de classes de resistência encontradas na resistência horizontal. Essa resistência também é conhecida como parcial, incompleta ou qualitativa (PARLEVLIET, 1979).

Analisando os resultados da AACPD do terço inferior na subparcela com fungicida (Tabela 4), o genótipo padrão resistente LAGER-216 (664,79) foi superado estatisticamente pelos genótipos LAGER-166, LAGER-104, LAGER-210 e LAGER-279. O mesmo resultado não foi visto nas demais avaliações para o mesmo genótipo. Especificamente, esse resultado pode ter sido obtido devido a interação genótipo x terço da planta e fungicida x terço da planta, com influência negativa para a resistência à FAS. Portanto, o dossel de folhas pode ter influenciado na aplicação do fungicida, já quando esse não é aplicado, o genótipo mantém resistência equivalente ou superior aos demais.

Os menores valores de AACPD encontrados com a aplicação de fungicida em comparação a subparcela sem aplicação são corroborados pelo efeito fisiológico do aumento da taxa fotossintética e queda da respiração celular, gerando maior produção de massa e conseqüentemente de produtividade (ALVES, 2016). Os efeitos da perda fotossintética também são a causa da diferenciação. Segundo Calaça (2007), existe uma relação negativa entre a absorção da área foliar sadia e o rendimento de soja causada pelo fungo. Isso leva a considerar a importância do controle preventivo com uso de fungicidas sistêmicos aliado a resistência genética. Genótipos que apresentam resistência parcial apresentam menor número de pústulas por folha, como também lesões menores, o que resulta em menor fonte de inóculo (SANTOS et al., 2007). Os genótipos que se mostram mais resistentes a severidade foliar são taxados importantes para a redução da quantidade de aplicações de fungicida.

Segundo Yorinori, Nunes-Júnior e Lazzarotto (2004), o início da infecção do fungo se dá nas porções inferiores das plantas. Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com essa afirmação, visto que houve um atraso no estágio R1 do desenvolvimento da doença no terço médio em relação ao terço inferior, o que refletiu diretamente nos resultados de severidade nas demais avaliações e consequentemente na AACPD (Tabela 4).

Analisando as médias gerais dos genótipos para a AACPD (Tabela 4), é possível notar, ainda mais, a resistência horizontal, pois vários níveis de severidade foram encontrados. Além da grande quantidade de materiais promissores, quanto à resistência com o LAGER-210 (333,19). Alguns outros genótipos também se destacaram, com médias de AACPD menores significativamente que o padrão resistente do programa de melhoramento: LAGER-218 (535,52), LAGER-166 (481,66), LAGER-268 (528,64) e LAGER-279 (490,83).

Tabela 4. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), em condições de campo. Fazenda do Glória, Uberlândia-MG, 2016.

Genótipos	Posição da planta / Aplicação fungicida				Médias	
	-----Terço inferior-----		-----Terço médio-----			
	Com aplicação	Sem aplicação	Com aplicação	Sem aplicação		
-----AACPD-----						
LAGER-218	561,17 b ¹	820,31 a	282,56 a	478,06 a	535,53 b	
LAGER-266	668,29 b	1185,76 b	364,94 b	534,54 b	688,38 c	
LAGER-144	682,43 b	1017,41 a	342,10 b	435,28 a	619,31 c	
LAGER-166	459,65 a	883,86 a	205,06 a	378,06 a	481,66 b	
LAGER-104	510,57 a	929,92 a	338,06 b	597,03 b	593,90 c	
LAGER-203	701,79 b	1134,28 b	305,74 b	431,93 a	643,44 c	
LAGER-224	702,71 b	1027,31 a	321,62 b	405,02 a	614,17 c	
LAGER-268	667,42 b	784,35 a	242,26 a	420,54 a	528,64 b	
LAGER-210	311,89 a	557,72 a	181,78 a	281,38 a	333,19 a	
LAGER-279	422,41 a	763,38 a	352,32 b	425,21 a	490,83 b	
LAGER-216	664,79 b	877,03 a	291,83 a	393,09 a	556,69 c	
DESAFIO 8473 ²	1181,57 c	1544,32 c	484,54 c	766,55 c	994,25 d	
	----627,89-----	-----960,47-----	----309,40----	-----462,22-----		

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ²BRASMAX DESAFIO 8473 RSF.

De acordo com teste de F de até 5% de probabilidade, observou-se diferenças estatísticas significativas para os caracteres Número de dias e altura de planta na floração e inserção de primeira vagem (Tabela 5). Por motivos alheios, houve uma perda de informações a respeito do NDF e do APF do genótipo LAGER-166, mas que não atrapalhou na análise final dos resultados. Não houve diferenças significativas entre genótipos no experimento, tanto para APM quanto para NDM (Tabela 5).

Conforme o teste de médias em função do número de dias para floração (NDF), os genótipos LAGER-144, LAGER-210 e LAGER-268 apresentaram um período juvenil mais longo em relação aos demais, florescendo além de 50 dias após a emergência (Tabela 5). A planta de soja necessita de um período mínimo de 42 a 58 dias até a floração para uma produção mínima de biomassa que proporcione rendimento de grãos aceitável. Diferenças de data de floração entre genótipos numa mesma época de semeadura são devido, sobretudo, a resposta específica desses materiais a duração do dia (EMBRAPA, 2014).

Entende-se como período juvenil, segundo Camara et al. (1998), um período no ciclo da planta em que, ainda ocorrendo condições ambientais favoráveis, a planta não é induzida à floração. Desse modo, o florescimento muito precoce sugere período juvenil curto, fazendo com que o genótipo seja mais sensível às variações de época de semeadura.

Em relação a variável altura da planta na floração, os genótipos LAGER-218, LAGER-279 e BRASMAX DESAFIO 8473 RSF obtiveram as menores alturas das plantas. Os demais materiais apresentaram performance favoráveis em função da variável estudada quando comparada ao trabalho de Barros et al. (2011), onde linhagens na mesma área, porém com duas aplicações de fungicidas, apresentaram valores entre 30 e 40 cm. É recomendado que nessa fase as plantas possuam no mínimo 50 cm de altura ou que a cultura já esteja cobrindo completamente o solo (CAMARA et al., 1998). Valores muito inferiores de altura de planta na floração podem gerar menor rendimento de grãos devido menor área fotossintética, no entanto evita prejuízos devido ao acamamento e a menor incidência de severidade, mediante microclima desfavorável.

Tabela 5. Avaliação das médias de número de dias para florescimento, altura da planta no florescimento, número de dias para maturação e altura da planta na maturação de genótipos de soja-LAGER UFU

---Genótipos---	-----NDF (dias)*-----	-----APF (dias)-----	-----APM (cm)-----	-----NDM (cm)-----	-----AIPV (cm)-----
LAGER-218	41,00 a ¹	23,00 b	49,58 a	109,75 a	7,93 b
LAGER-266	45,00 a	32,37 a	52,75 a	118,25 a	9,53 a
LAGER-144	50,50 b	32,20 a	45,28 a	122,25 a	8,58 a
LAGER-166	-	-	45,65 a	113,89 a	8,88 a
LAGER-104	47,00 a	33,73 a	40,00 a	112,50 a	7,25 b
LAGER-203	56,50 b	34,95 a	66,50 a	145,00 b	9,28 a
LAGER-224	41,50 a	35,60 a	48,90 a	121,95 a	8,26 a
LAGER-268	50,50 b	32,38 a	37,63 a	117,25 a	7,25 b
LAGER-210	52,00 b	32,20 a	38,63 a	111,50 a	7,13 b
LAGER-279	44,00 a	26,50 b	50,60 a	123,61 a	8,80 a
LAGER-216	46,25 a	31,80 a	50,03 a	113,25 a	7,28 b
DESAFIO 8473²	41,75 a	21,73 b	48,23 a	109,25 a	8,20 a
\bar{x}	46,91	30,58	47,81	118,20	8,19
CV (%)	13,98	11,56	13,69	11,58	11,86

*NDF: Número de dias para florescimento; APF: Altura da planta no florescimento; AIPV: Altura da inserção da primeira vagem; *NDM: Número de dias para maturação; APM: Altura da planta na maturação ¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ²BRASMAX DESAFIO 8473 RSF

Foi observada razoável precisão experimental para o estudo da produtividade, com os coeficientes de variação (CV) pouco acima do ideal de 30%. Vale ressaltar que esta característica sofre interferência de vários fatores intrínsecos como, por exemplo, estande de plantas e colheita. Nesse experimento em questão a colheita foi realizada a mão, porém o transporte do material ao galpão e a máquina de trilha das vagens podem ter levado a algumas perdas. O CV da produtividade na subparcela sem fungicida obteve 34,05%, da subparcela com fungicida de 40,11% e da produtividade média do experimento 32,81% (Tabela 6).

Com os dados da produtividade foi possível avaliar os genótipos resistentes tolerantes. Na fitopatologia, entende-se por tolerância a capacidade de um genótipo resistir ao ataque do patógeno sem sofrer danos nos resultados da produtividade (SCHAFER, 1971). Essa definição pode ser entendida para classificar um genótipo mais tolerante que outro como aquele que, sobre mesmo nível de severidade da doença, teve menor perda na produtividade; ou, para a mesma perda de produtividade, o nível de severidade foi diferente. Uma vez que programas de melhoramento buscam por altas produtividades, foi feita uma classificação apenas nos materiais que responderam positivamente à produtividade, tanto com fungicida, quanto sem fungicida. Com isso, os materiais LAGER-104, LAGER-210, LAGER-216 foram os mais produtivos e o material LAGER-104 o mais tolerante, por apresentar níveis de perdas menores comparados aos demais.

O genótipo padrão resistente LAGER-216 apresentou tolerância à FAS, o que merece destaque pois, mesmo apresentando valores superiores aos demais de severidade, quando todos foram tratados com fungicidas, a produtividade respondeu de maneira excelente (2863,46 kg ha⁻¹), muito superior à média geral com aplicação de fungicida (1751,34 kg ha⁻¹). Isso faz com que esse material seja agronomicamente superior aos demais, pois a aplicação de fungicida se faz sempre necessária. Merece destaque também o desempenho do genótipo LAGER-210, pois foi o genótipo que apresentou baixos níveis de severidade de FAS em todas as subparcelas e também apresentou o mais alto nível produtivo com 3419,05 kg ha⁻¹, quando realizada aplicação de fungicida.

Tabela 6. Avaliação da produtividade de genótipos de soja LAGER-UFU

Genótipos	-----Produtividade (kg ha ⁻¹)-----		
	-----Sem fungicida-----	----Com fungicida ----	-----Média-----
LAGER-218	1324,64 a	777,61 b	1051,12 b
LAGER-266	1017,41 a	1219,74 b	1118,57 b
LAGER-144	612,20 a	1315,66 b	963,93 b
LAGER-166	881,03 b	908,33 b	894,68 b
LAGER-104	1369,91 a	2020,73 b	1695,31 a
LAGER-203	473,45 b	2085,87 b	1279,66 b
LAGER-224	856,22 b	1159,96 b	1008,08 b
LAGER-268	722,50 b	1532,56 b	1127,52 b
LAGER-210	1117,13 a	3419,05 a	2268,08 a
LAGER-279	1100,00 a	1706,41 b	1403,20 b
LAGER-216	1540,01 a	2863,46 a	2201,73 a
DESAFIO ²	685,45 b	2006,69 b	1346,07 b
\bar{x}	974,99	1751,34	1363,16
CV%	34,05	40,11	32,81

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ²BRASMAX DESAFIO 8473 RSF.

Na tabela 7 são apresentados os coeficientes de correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas, indicando o grau e a direção (positiva ou negativa) dessas correlações. Observa-se que, embora negativamente correlacionadas, as variáveis área abaixo da curva de progresso da doença e produtividade de grãos (AACPD*PROD) não foram significativas a 5% de probabilidade. Algumas variáveis se correlacionaram positivamente como número de NDV*APM e AIPV*APM.

Apesar de linhagens tardias com reduzidas taxas de desenvolvimento da doença não apresentarem restrições básicas para o seu desenvolvimento devido a não formação de populações segregantes, existe uma dificuldade de se avaliar genótipos com diferentes períodos de maturação. Além das particularidades fisiológicas de cada uma, há diferenças de caráter ambiental, pois as plantas amadurecem em diferentes períodos de tempo (BROGIN, 2005).

A correlação positiva significativa obtida entre AACPD*NDM (Tabela 7) vai de encontro a isso, indicando que a maior severidade da doença na região foliar está correlacionada ao maior tempo de dias de maturação da planta. Com o passar do tempo as lesões aumentam de

tamanho e também a quantidade, pois como a doença é policíclica as plantas doentes dentro do experimento podem ser fonte de inóculo. Além disso, no presente estudo as chuvas foram bem distribuídas, o que resultou em microclima favorável (fator ambiental), além da manutenção do hospedeiro por mais tempo no campo (fator do hospedeiro), provocando assim mais ciclos do patógeno na planta. Isso resulta em menor escape para plantas tardias, o que torna o manejo mais difícil. Esse fato é relevante para os programas de melhoramento.

Tabela 7. Coeficiente de correlação simples de Pearson (r) e probabilidade (%) pelo teste t entre variáveis agronômicas para 12 genótipos ciclo curto - LAGER UFU

	AACPD	PROD	NDM	APM	NDF	APF	AIPV
AACPD		-0.2948 ¹	0.0201	0.3261	-0.3346	-0.3623	0.3047
		64.5625 ²	94.9015	30.1704	31.5701	27.3398	33.7464
PROD			-0.2422	-0.2099	0.2276	0.1033	-0.6147*
			54.6781	51.846	75.9134	50.6628	3.2249
NDM				0.732	0.4775	0.4775	0.569
				0.6724	5.5185	13.4781	5.1633
APM					0.1217	0.0223	0.7089
					72.0486	94.6569	0.9656**
NDF						0.5736	0.0076
						6.2995	98.0086
APF							0.0019
							99.1342
AIPV							

¹Coeficiente de correlação simples de Pearson (r); ²probabilidade (%) pelo teste t; *: significativo a 5% pelo teste t; **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. AACPD: Área abaixo da curva de progresso da doença; PROD: Produtividade de grãos; NDM: Número de dias para maturação; APM: Número de dias para maturação; NDF: Número de dias para florescimento; APF: Número de dias para florescimento; AIPV: Altura da inserção da primeira vagem.

5. CONCLUSÕES

Os genótipos LAGER-210 e LAGER-216 foram selecionados para estudos de valor de cultivo e uso (VCUs) por apresentarem resistência parcial à ferrugem, tolerância, ciclo curto, boas características morfoagronômicas e maiores produtividades.

No futuro, essas linhagens darão origem a cultivares que poderão ser recomendadas para determinadas regiões e, dessa forma, reduzir a dependência de aplicações de fungicidas.

REFERÊNCIAS

- AKAMATSU, H. et al. Pathogenic diversity of soybean rust in Argentina, Brazil, and Paraguay. **Journal of general plant pathology**, [S.l.], v. 79, n. 1, p. 28-40, 2013.
- AKAMATSU, M. A.; BARRETO, M.; AKAMATSU, R. Detecção e distinção de *Phakopsora pachyrhizi* e *P. meibomia* em amostras do herbário uredinológico do Instituto Biológico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 277-278, 2004.
- ALLIPRANDINI, L. F. et al. Understanding soybean maturity groups in Brazil: Environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, Madison, v. 49, p. 801-808, 2009. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.07.0390>
- ALMEIDA, A. M. R. et al. Doenças da soja. In: KIMATI, H. et al. **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 2005. cap. 64, p. 569-588.
- ALVES, V. M. **Fungicidas protetores no manejo da ferrugem da soja, processos fisiológicos e produtividade da cultura**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DO ESTADO DE MATO GROSSO - APROSOJA. **Confirmado primeiro foco de ferrugem asiática em MT 2017**. Cuiabá: APROSOJA, 2016. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br/comunicacao/release/confirmado-primeiro-foco-de-ferrugem-asiatica-em-mt>>. Acesso em: 06 nov. 2017.
- AZEVEDO, L. A. S. et al. **Programa Syntinela: monitoramento da dispersão de *Phakopsora pachyrhizi* e alerta contra a ferrugem asiática da soja**. Campinas: Syngenta Proteção de Plantas, 2004.
- BARROS, L. S. D. et al. Genótipos de soja de ciclo semi precoce/médio quanto à doenças fúngicas foliares e caracteres agronômicos. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.
- BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 28 jul. 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**. Brasília: MAPA, 2017. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 06 set. 2017.
- BROGIN, R. L. **Mapeamento de genes de resistência a ferrugem e de qtls envolvidos na resistência a Septoriose em soja**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005.
- BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, v. 20, n. 2, p. 254-255, 1980.

- CALAÇA, H. A. **Ferrugem asiática da soja: relações entre o atraso do controle químico, rendimento, severidade e área foliar sadia de soja (Glycine max L. Merrill)**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 80. 2007.
- CAMARA, G. M. S. et al. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares e linhagens de soja de ciclo precoce no município de Piracicaba-SP. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 403-412, 1998. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000300008>
- CARNEIRO, L. C. **Caracterização epidemiológica da resistência parcial e análise da tolerância de genótipos de soja à ferrugem asiática**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 75. 2007.
- CARVALHO JR, A. A.; FIGUEIREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 26, n. 02, p. 197-200, 2000.
- CHAKRABORTY, N. et al. Mapping and confirmation of a new allele at Rpp1 from soybean PI594538A conferring RB lesion-type resistance to soybean rust. **Crop Science**, n. 49, p. 783-790, 2009. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.06.0335>
- COLUSSI, J. et al. O agronegócio da soja: uma análise da rentabilidade do cultivo da soja no Brasil. **Espacios**, Caracas, v. 37, n. 16, p. 23, 2016.
- COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Análise das culturas. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**, Brasília, v. 4, Safra 2016/17 - Décimo primeiro levantamento, p. 58-136, ago. 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_10_11_27_12_boletim_graos_agosto_2017.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2017.
- CONSORCIO ANTIFERRUGEM. **Consortio Antiferrugem**, 2017. Disponível em: <<http://www.consortioantiferrugem.net>>. Acesso em: 30 jan. 2017.
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>
- DALL'AGNOL, A.; LAZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Desenvolvimento, Mercado e Rentabilidade da Soja Brasileira**. Londrina: Circular Técnica -Embrapa, 2010.
- DALLA LANA, F. et al. Meta-analysis of the relationship between crop yield and soybean rust severity. **Phytopathology**, St. Paul, v. 105, n. 3, p. 307-315, 2015.
- DEBORTOLI, M. P. et al. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem-asiática-da-soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, julho 2012.
- DESLANDES, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causadas por *Phakopsora pachyrhizi* no Estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 337-339, 1979.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 262 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. D. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.1, p. 19-23, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000100004>

FREITAS, M. D. C. M. D. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.

FUNGICIDE RESISTENCE ACTION COMMITTEE - FRAC. Mechanisms of fungicide resistance, 2014. Disponível em: <<http://www.frac.info/resistence-overviwe/mechanisms-of-fungicide-resistance>>. Acesso em: 20 mar. 2017

FURTADO, G. Q. et al. Influência da luminosidade e da camada de cera epicuticular de superfícies de folhas de soja na infecção de *Phakopsora pachyrhizi*. **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 306-312, 2009.

GARCIA, A. 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, ago. 2008.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 78 p.

HARTWIG, E. E.; BROMFIELD, K. R. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. **Crop Science**, n. 23, p. 237-239, 1983. <https://doi.org/10.2135/cropsci1983.0011183X002300020012x>

HARTWIG, E. E. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. **Crop Science**, v. 26, n. 6, p. 1135–1136, 1986. <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600060010x>

HENNING, A. A. et al. **Manual de identificação de doenças de soja**. 3. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 73 p.

HENNINGS, V. P. A few new Japanese Uredinaceae. **Hedwigia**, LOCAL, n. 42, p. 107-108, 1903.

HOTA, A.; PIMENTA, I. **Ferrugem rompe a barreira das carboxamidas na soja**. [S.l.]: Notícias Agrícolas, 2017. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/soja/188173-ferrugem-rompe-a-barreira-das-carboxamidas.html#.WNvdzIHvIU>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

ISARD, S. A. et al. The effect of solar irradiance on the mortality of *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, p. 941-945, 2006. <https://doi.org/10.1094/PD-90-0941>

KASTER, M.; FARIAS, J. R. B. Regionalização dos testes de VCU: valor de cultivo e uso de cultivares de soja: terceira aproximação. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32, 2011. **Resumos...** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011. v. 32, p. 231-235.

- KATO, M.; YORINORI, J. T. A study on a race composition of *Phakopsora pachyrhizi* in Brazil: a difficulty of race identification. **JIRCAS Working Report**, n. 58, p. 94-98, 2008.
- KILLGORE, E.; HEU, R. First report of soybean. **Plant Disease**, Saint Paul, n. 78, p. 1216, 1994.
- KOCHMAN, J. K. The effect of temperature on development of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*). **Crop and Pasture Science**, v. 30, n. 2, p. 273-277, 1979.
<https://doi.org/10.1071/AR9790273>
- LEMES, E.; GAVASSONI, W. L. Ferrugem asiática da soja. In: LEMES, E.; CASTRO, L.; ASSIS, R. **Doenças da soja: melhoramento genético e técnica de manejo**. Campinas: Millennium Editora, 2015.
- LI, S. et al. Identification of a new soybean rust resistance gene in PI 567102B. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 125, n. 1, p. 133-142, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1821-y>
- MADALOSSO, M. G.; BALARDIN, R. S. **Mecanismo e modo de ação do grupo químico das Carboxamidas [Inibidores da enzima Succinato Desidrogenase (SDHI)]**, 2014. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/305596378_Mecanismo_e_modos_de_acao_do_grupo_quimico_das_Carboxamidas_Inibidores_da_enzima_Succinato_Desidrogenase_SDHI>. Acesso em: 27 mar. 2017.
- MCLEAN, R. J.; BYTH, D. E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. **Australian Journal Agriculture Research**, n. 31, p. 951-956, 1980.
<https://doi.org/10.1071/AR9800951>
- MILES, M. R.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L. Evaluation of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. **Plant Health Progress**, v. 10, 2006.
- MONTEROS, M. J. et al. Mapping and confirmation of the ‘Hyuuga’ red-brown lesion resistance gene for Asian soybean rust.. **Crop Science**, v. 2, n. 47, p. 829-834, 2007.
<https://doi.org/10.2135/cropsci06.07.0462>
- NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N. **Características da soja. LOCAL: EDITORA**, 2008. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_24_271020069131.html>. Acesso em: 25 abril 2017.
- OLIVEIRA, J. E. D. Valor da soja como alimento. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. p. 820-823.
- PARLEVLIET, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 17, p. 203-22, 1979.
<https://doi.org/10.1146/annurev.py.17.090179.001223>
- PARLEVLIET, J. E. Present concepts in breeding for disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, p. 7-15, 1997.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14. ed. Piracicaba: Fealq, 2000.

POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C. Quantificação de doenças foliares da soja por escalas diagramáticas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, 2010.

PONTE, E. M. D. et al. Predicting Severity of Asian Soybean Rust Epidemics with Empirical Rainfall Models. **Phytopathology**, v. 96, n. 7, p. 797-803, julho 2006.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0797>

REIS, E. F. D. **Controle químico da ferrugem asiática da soja na região sul do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 41. 2005.

SANTOS, J. A. et al. Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 42, n. 3, 2007.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000300019>

SCHAFER, J. F. Tolerance to plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 9, n. 1, p. 232-252, 1971.

SCHWERZ, L. A. et al. Severidade da ferrugem asiática na soja em relação à aplicação de fungicidas. **Anais do SEPE-Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS**, v. 6, n. 1, 2016.

SEDIYAMA, T. et al. **Cultura da soja: I parte**. Viçosa: UFV, 1985. 96 p.

SEIXAS, C. D. S.; GODOY, C. V. Vazio sanitário: panorama nacional e medidas de monitoramento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FERRUGEM ASIÁTICA, 1, 2007. **Anais...** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2007.

SHANNER, G.; FINLEY, R. F. The effects of nitrogen fertilization on the expression. **Phytopathology**, St. Paul, v. 70, p. 1183-86, 1977.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>

SILVA, V. A. S.; JULIATTI, F. C.; SILVA, L. A. S. Interação entre resistência genética parcial e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1261-1268, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900007>

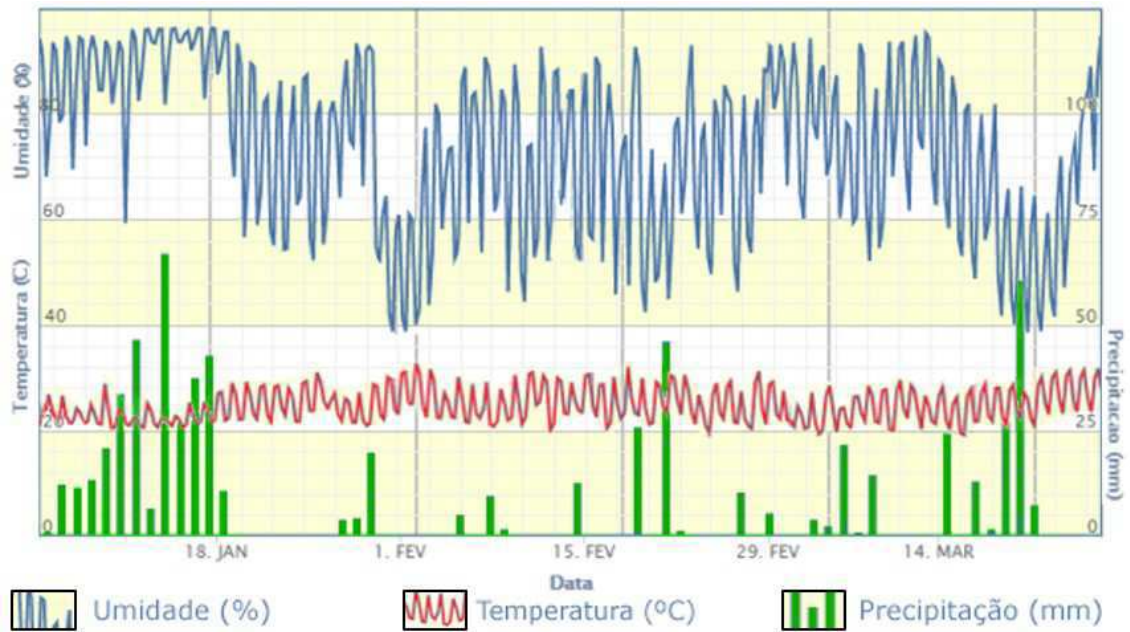
SOUZA, A. P. Biologia Molecular Aplicada ao Melhoramento.. In: NASS, L. L., et al. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. v. 1, cap. 29, p. 939-966.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2005.

TMG. Tecnologia Inox® da TMG, tranquilidade e maior segurança no controle da Ferrugem asiática. 2017. Disponível em: <<http://www.tmg.agr.br/tecnologia-inox>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

- VAN DER PLANK, J. E. Horizontal (polygenic) and vertical (oligogenic) resistance against blight. **American Potato Journal**, Orono, v. 43, n. 2, p. 43-45, 1966.
<https://doi.org/10.1007/BF02871406>
- WANG, T. C.; HARTMAN, G. L. Epidemiology of soybean rust and breeding for host resistance. **Plant Protection Bulletin**, v. 34, p. 109-149, 1992.
- XU, B. et al. **Three evidence of the original area of soybean**. Proceedings.:World Soybean Research Conference. Buenos Aires: Association Argentina de la Soja. 1989. p. 124-128.
- YANG, J. et al. Expression and homology modelling of sterol 14 α -demethylase of *Magnaporthe grisea* and its interaction with azoles. **Pest management science**, v. 65, n. 3, p. 260-265, 2009. <https://doi.org/10.1002/ps.1680>
- YORINORI, J. T. et al. Epidemia de ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil e no Paraguai, em 2001 e 2002. **Fitopatologia Brasileira**, 2002.
- YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. **Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul**. Londrina: EMBRAPA/CNPSO, 2004. 27 p. (Documentos, n. 236).
- YORINORI, J. T.; NUNES JÚNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. **Ferrugem asiática da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle**. Londrina: EMBRAPA/CNPSO, 2004. 36 p.
- YORINORI, J. T.; WILFRIDO, M. P. **Ferrugem da soja: Phakopsora pachyrhizi Sydow**. Londrina: Embrapa, 2002. 4 p.
- YORINORI, J. T.; YORINORI, M. A.; GODOY, C. V. Seleção de cultivares resistentes à ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). In: Reunião Sul de Soja da Região Sul, 30, 2002, **Resumos...** Cruz Alta: EMBRAPA, v. 30, p. 94, 2002.
- ZAMBOLIM, L. **Ferrugem asiática de soja**. Viçosa: UFV, 2006. 140 p.
- ZHAN, J.; STEFANATO, F. L.; MCDONALD, B. A. Selection for increased cyproconazole tolerance in *Mycosphaerella graminicola* through local adaptation and in response to host resistance. **Molecular plant pathology**, v. 7, n. 4, p. 259-268, 2006.
<https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00336.x>

ANEXO A -. Dados climatológicos da estação automática A507 – Uberlândia



Fonte: BRASIL, 2016