

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

EDUARDO SCHEPKE

**SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA NA
CULTURA DA SOJA SAFRINHA**

**CERRO LARGO
2022**

EDUARDO SCHEPKE

**SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA NA
CULTURA DA SOJA SAFRINHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Juliane Ludwig

CERRO LARGO

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Schepke, Eduardo

Sistema de previsão para o manejo da ferrugem asiática na cultura da soja safrinha / Eduardo Schepke. -- 2022.
34 f.

Orientador: Doutor Sidinei Zwick Radons

Co-orientadora: Doutora Juliane Ludwig

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2022.

1. Glycine max. 2. Phakopsora pachyrhizi. 3. Sistemas de aviso. I. Radons, Sidinei Zwick, orient. II. Ludwig, Juliane, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

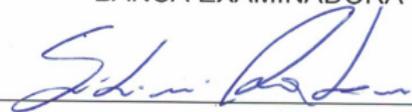
EDUARDO SCHEPKE

**SISTEMA DE PREVISÃO PARA O MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA NA
CULTURA DA SOJA SAFRINHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 11/03/2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons - UFFS

Orientador



Prof.ª Dr.ª Juliane Ludwig – UFFS

Coorientadora



Me. Lana Bruna de Oliveira Engers – UFFS

Avaliadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço aos meus pais, Hilmar e Fabiane pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Agradeço aos meus irmãos, Daniel e Emilly, por todo o carinho e sou grato por tê-los em minha vida.

Agradeço a minha namorada Juliane, que acima de tudo é uma grande amiga, por toda ajuda e por sempre estar presente nos momentos difíceis com uma palavra de incentivo.

Agradeço á todos meus amigos e colegas, que neste tempo fizeram nossos dias mais alegres e felizes. A cada momento e sorrisos compartilhados.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Sidinei Radons, pela orientação, apoio e confiança e por ser mais que um professor, ser um amigo.

Agradeço à minha coorientadora, Prof.^a Dr.^a Juliane Ludwig, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Agradeço a Universidade Federal da Fronteira Sul e a cidade de Cerro Largo pela oportunidade e pelo acolhimento.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

A cultura da soja é tida como a mais importante, pois é uma das principais fontes de concentrados proteicos e de óleo vegetal que se tem. A ferrugem asiática da soja é considerada uma das doenças foliares da soja mais destrutivas. Os sistemas de previsão auxiliam na identificação inicial da doença na cultura, no planejamento e tomada de decisão da aplicação de fungicidas no campo, na redução de eventuais contaminações ambientais e outras consequências indesejáveis, dessa forma se torna uma ferramenta interessante em segurança e economia. Este trabalho tem como objetivo testar um sistema de previsão para a ocorrência e manejo de ferrugem asiática na soja safrinha, com base em variáveis meteorológicas e intervalos diferentes de aplicação de fungicidas, além de duas populações de plantas distintas. O experimento de campo foi realizado na cidade de Entre-Ijuis - RS. Foram 12 tratamentos, sendo 4 valores de severidade calculada (VSC) através do sistema de previsão (6, 9, 12 e 15), uma testemunha sem aplicação e um tratamento com aplicações calendarizadas. O outro fator foi duas populações de plantas por hectare: 246.666 e 451.111 plantas ha⁻¹. O delineamento usado foi blocos ao acaso, tendo 4 repetições, totalizando em 48 unidades experimentais. Para o cálculo dos VSC, os dados foram obtidos em uma estação meteorológica instalada no local do experimento. Os dados foram submetidos à ANOVA pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Houve diferença entre os programas de manejo, ao se tratar de produtividade. O programa de manejo 9VSC teve a maior média de produtividade em ambas as populações de plantas, mostrando que apenas duas aplicações de fungicidas no momento certo seriam suficientes, sendo possível lucrar financeiramente e ambientalmente com o uso de um sistema de previsão doenças para a ferrugem na cultura da soja safrinha.

Palavras-chave: *Glycine max.* *Phakopsora pachyrhizi*. Sistemas de previsão de doenças.

ABSTRACT

The soybean crop is usually perceived as the most important crop, since it is one of the main sources of protein concentrates and vegetable oil. The Asian soybean rust is considered one of the most destructive diseases. The prediction systems help on the initial identification of the disease in the crop, in the planning and decision making of whether to apply pesticides; in the reduction of possible environmental contaminations and other undesirable consequences, this way showing it to be an interesting tool regarding safety and economy. In this sense, this work aims at testing a prediction system for the occurrence and handling of Asian soybean rust in the off-season crop based on weather variables and different gaps of time to apply pesticides, besides distinct plant populations. The field experiment was carried in the city of Entre-Ijuís, in the state of Rio Grande do Sul. Twelve treatments were carried, where four of them had their severity calculated (VSC) through the prediction system (6, 9, 12 e 15), a sample with no application and a treatment with scheduled applications. The other factor considered was the population by hectare: 246.666 and 451.111 plants ha⁻¹. In order to conduct the experiment, we used the random blocks outline, with four repetitions and totalizing 48 experimental units. To calculate the VSC, the data was obtained in a forecast station installed in the location of the experiment. Data were submitted to ANOVA through F testing and the averages were compared with the Scott-Knott test with 5% of error probability. Differences were observed among the managing programs regarding productivity. Managing program 9VSC had the highest production average in both plant populations, showing that only two pesticide applications in the correct moment would be enough, allowing financial profit and lower environmental risk with the use of a disease prediction system for Asian soybean rust during off-season.

Keywords: *Glycine max.* *Phakopsora pachyrhizi*. Disease forecasting systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Respostas de favorabilidade à ferrugem asiática da soja em função o resultado do tempo em que a umidade relativa do ar é maior que 85% e da temperatura média do ar nesse período	22
Figura 2 - Chuva, umidade relativa do ar e temperatura do ar em função das datas no decorrer do ciclo da cultura	23
Figura 3 - Valores de severidade calculados em função da data durante o ciclo da cultura	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de legumes por planta de soja, com duas populações de plantas, sendo 1=246666 Plantas ha ⁻¹ e 2= 451111 Plantas ha ⁻¹ , em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação)	25
Tabela 2 - Número de grãos por legume, com duas populações de plantas, sendo 1=246666 plantas ha ⁻¹ e 2= 451111 plantas ha ⁻¹ , em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação)	25
Tabela 3 - Peso de mil sementes, com duas populações de plantas, sendo 1=246666 plantas ha ⁻¹ e 2= 451111 plantas ha ⁻¹ , em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação).....	26
Tabela 4 - Produtividade média (kg ha ⁻¹) de duas populações de plantas, sendo 1=246666 plantas ha ⁻¹ e 2= 451111 plantas ha ⁻¹ em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação)	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 A CULTURA DA SOJA.....	11
2.2 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA	13
2.2.1 Histórico	13
2.2.2 Etiologia	14
2.2.3 Ciclo e condições de desenvolvimento da doença	14
2.2.4 Sintomatologia	16
2.2.5 Medidas de controle da doença	16
2.3 SISTEMA DE PREVISÃO DE DOENÇAS.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A geração e oferta de tecnologias nas últimas décadas propiciaram um crescimento significativo da produção de soja (*Glycine max L.*), em razão de que ocorreu a expansão da exploração sojícola em muitas regiões do mundo. Ademais, esse progresso está relacionado ao avanço de um mercado internacional sólido, onde emergiu o comércio de produtos do complexo agroindustrial da soja devido ao fato de a cultura ser uma das principais fontes de concentrados proteicos e de óleo vegetal que se tem para atender especialmente às demandas dos setores ligados à produção de produtos de origem animal (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Por este motivo, produtores optam por fazer mais uma safra de verão com a cultura da soja, subsequente ao cultivo do milho. No Rio Grande do Sul, o cultivo de uma segunda safra de verão com a cultura da soja, denominada soja safrinha, que é semeada após a colheita da cultura do milho, vem sendo de grande importância econômica, aumentando sua área de cultivo e dessa forma tendo uma maior produção de grãos e de renda durante o período de verão (FOLLMANN, 2017).

Por outro lado, o produtor chega a perder de 15 a 20% de sua safra anualmente por ocorrência de doenças. No Brasil, em torno de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus já foram relatadas, enquanto que no mundo são mais de 100 doenças identificadas. Este número tende a aumentar devido a expansão da soja para novas áreas de cultivo e também como consequência da monocultura (HENNING, 2009). Dentre essas doenças está a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), que é considerada uma das doenças foliares da soja mais destrutivas (ALVARES et al., 2013).

As cultivares de soja em sua maioria não apresentam resistência ao fungo *P. pachyrhizi*. Apesar de algumas cultivares com resistência terem sido registradas, há necessidade de controle químico na maioria das safras e regiões produtoras de soja no Brasil (ITO, 2013). Portanto o uso de fungicidas foi intensificado por ser a única ferramenta que diminui as perdas de produtividade na presença da doença (GODOY, 2007).

As doenças, em geral, têm sido controladas empiricamente. Dessa forma, há um aumento dos custos de produção e um uso desnecessário de agrotóxicos na maioria das vezes. Assim, se tem um aumento dos custos de produção, comprometendo a rentabilidade financeira da cultura e impactando o meio ambiente

(MARCUIZZO; REIS, 2021). Portanto, novas técnicas para a otimização da produção, a redução de custos e a para o cuidado com o meio ambiente devem ser pesquisadas e colocadas em prática, como por exemplo os sistemas de previsões de doenças.

Segundo Bergamin Filho e Amorin (2018), os principais objetivos destes sistemas de previsão de doenças são um maior lucro para o agricultor, diminuição do risco de severas epidemias e redução da poluição ambiental devido ao uso consciente dos defensivos agrícolas.

O desenvolvimento de modelos de previsão de doenças é oneroso e complexo para validar, já que precisa estar interagindo o ambiente-patógeno-hospedeiro para que se consiga um sistema eficaz, razão do qual poucos modelos foram desenvolvidos para as diversas doenças que existem em plantas (MARCUIZZO; REIS, 2021).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo testar um sistema de previsão para a ocorrência e manejo de ferrugem asiática na soja safrinha, com base em variáveis meteorológicas e intervalos diferentes de aplicação de fungicidas, além de duas populações de plantas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA SOJA

A soja, da espécie *Glycine max* (L.) Merrill, é uma leguminosa pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, classe *Dicotyledoneae* e gênero *Glycine* (SEDIYAMA, 2009).

De acordo com a Embrapa, a soja destaca-se por ser uma cultura de grande importância para a economia brasileira, dado que, é a responsável por movimentar milhões de dólares no Brasil e outros países (SIEBEN; MACHADO, 2006). A variabilidade de uso dos grãos de soja, também remetem-se a importância da cultura, pois, além de ser utilizado para a alimentação humana e animal, podem servir para a produção de óleo e biodiesel (SILVA, 2019).

Em relação à quantidade de proteínas de boa qualidade, a soja dentre os vegetais usados na alimentação humana é o que possui o maior teor. Em um país onde se tem problemas graves de desnutrição, a soja é um excelente aliado para o combate a esse problema. Por esta razão, melhorias da situação nutricional da população brasileira tem como alternativa viável a cultura da soja (EMBRAPA, 1998).

Além disso, uma revolução foi ocasionada por meio da inserção da soja no setor agrícola. Bonato e Bonato (1987) afirmam que a cultura se transformou rapidamente em um dos principais produtos para a economia e exploração agrícola nacional.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem o seu centro de origem no nordeste da China (entre 45 e 50° N), latitude que, nas Américas, corresponde no sul à Patagônia e, no Hemisfério Norte, ao norte dos Estados Unidos da América e sul do Canadá. Existem citações, sem o devido fundamento histórico, de que a soja teria sido utilizada como alimento em tempos imemoriais. A literatura não menciona nenhum vestígio da leguminosa em qualquer sítio de investigação arqueológica do Neolítico, no norte da China, e os principais estudiosos concordam que apenas as datas depois de 1100 a.C. podem ser aceitas como precisas na história da soja, mencionando que os registros anteriores mais se aproximam de lendas que de fatos verdadeiros e comprováveis. (GAZZONI, 2018, p.17).

De acordo com Gazzoni (2018), a inserção da cultura da soja sucedeu-se no Ocidente em latitudes semelhantes ao centro de origem, iniciada pela Europa em 1712, foi descrita em 1737 por Linné nas *Cliffortianus Hortus*. Conforme Bonato e Bonato (1987), a soja apareceu pela primeira vez no ano de 1804 no continente

americano, mais precisamente no Estado de Pensilvânia, Estados Unidos. Os autores ainda destacam que, no Brasil a soja foi inserida primeiramente na Bahia, no ano de 1882, por Gustavo D'utra.

Já no Rio Grande do Sul a produção comercial da soja começou na região das Missões, tendo como centro o município de Santa Rosa, conhecido até hoje como o berço nacional da soja. Primordialmente, o cultivo tinha como objetivo a produção de forragem e de grãos para engorda de suínos (BONATO; BONATO, 1987). Sucessivamente, outras áreas foram sendo preparadas para o cultivo, pelo fato de serem consideradas ótimas para a produção agrícola nessa região por ser provida de condições ambientais favoráveis e solos considerados de alta fertilidade natural. Outro fator a ser citado é o direcionamento das políticas públicas nacionais de desenvolvimento agrícola nas regiões Sul e Sudeste (SIEBEN; MACHADO, 2006).

Na década de 1970, ocorreu a Revolução Verde na Agricultura, e a soja foi o produto que transformou e ocasionou significativos impactos na expansão das áreas de cultivo. Contudo, houve um agravamento na degradação dos recursos naturais como a água, o solo e a vegetação, provocando diversos impactos socioeconômicos e ambientais negativos. No entanto, a Revolução Verde proporcionou a inserção de tecnologias no campo, como a utilização de agrotóxicos, a mecanização e as sementes transgênicas (SIEBEN; MACHADO, 2006).

No ponto de vista agrônomo, a soja possui exigências climáticas, pois, a temperatura do ar, o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica afetam significativamente o desenvolvimento da cultura e conseqüentemente a produtividade. Portanto, entende-se que, em torno de 30 °C, encontra-se a temperatura ideal para o desenvolvimento da soja (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Na cultura da soja o Nitrogênio (N) é adquirido através da fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico, sendo esse o principal mineral exigido durante seu ciclo, seguido do Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Fósforo (P) e Enxofre (S) (ZITO et al., 2004).

Na última safra (2020/21) a área de soja apresentou crescimento de 4,3% em comparação à safra anterior, com um total de 38,5 milhões de hectares. De acordo com dados do CONAB (2021), houve um aumento de 8,9% em relação à safra passada, elevando a produção para 136 milhões de toneladas.

Entretanto, a cultura da soja tem diversos problemas relacionados a doenças, as quais podem ser causadas por bactérias, vírus, fungos e/ou nematóides. Dentre

elas pode-se citar antracnose, míldio, tombamento, mosaicos, manchas entre tantas (HENNING et al., 2014) sendo que considerada a principal doença que afeta a cultura da soja tem-se a ferrugem asiática da soja (ALVARES et al., 2013).

2.2 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA

2.2.1 Histórico

A doença nomeada de ferrugem *P. meibomiae* (Arth), nativa do continente americano, encontrada de Porto Rico no Caribe, até Ponta Grossa no Paraná e a *Phakopsora pachyrhizi* Sydow presente na maioria dos países asiáticos, como, Austrália e África do Sul, são as duas espécies de fungo pertencente ao gênero *Phakopsora* que infectam a cultura da soja (YORINORI; NUNES JÚNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

Conforme Deslandes (1979) no Brasil, especificamente em Lavras, Minas Gerais, no ano de 1979, constatou-se a presença da ferrugem americana (DESLANDES, 1979). Desde então, não causa grandes preocupações aos produtores, pois, tem baixa importância econômica e dificilmente apresenta danos significativos às lavouras de soja, tendo em vista que necessita de temperaturas inferiores a 25 °C e alta umidade relativa do ar para se desenvolver (YORINORI, 1989).

Em compensação a ferrugem asiática da soja, descrita no Japão em 1902, causada por *P. pachyrhizi*, é uma severa doença. Em 1914, foi detectada em vários países no sudoeste da Ásia, e em 1936 no continente Australiano, onde por décadas se mantém de forma endêmica (BALARDIN et al., 2006).

A ferrugem asiática se fez presente em 1997 na África, avançando pelos continentes, na América do Sul surgiu em 2001, infestando lavouras no Paraguai, e, em 2002, na Argentina. Sendo encontrada em novembro de 2004, contaminando campos de soja nos Estados Unidos, ou seja, o último grande país produtor de soja que não havia tido contato com a doença (YORINORI; LAZZAROTTO, 2004).

No Brasil, a doença foi detectada no final da safra 2000/01, no estado do Paraná. Na safra 2002, encontraram-se diretamente com a doença, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo, elevando ainda mais os números na safra 2003/04, onde ocorreu a sua

disseminação em praticamente todo o País, causando prejuízos em diversas regiões produtoras (NUNES, 2016). Este fato tem direta ligação a fácil disseminação dos esporos desse fungo pelo vento (BALARDIN et al., 2006). Portanto, a doença pode se desenvolver de forma explosiva causando rápida desfolha, características que a elevou à posição da mais temida doença nas áreas produtoras de soja no mundo (RUPE; SCONYERS, 2008).

2.2.2 Etiologia

A ferrugem asiática pertence ao gênero e espécie *Phakospora pachyrhizi*, filo *Basidiomycota*, classe *Urediniomycetes*, ordem *Uredinales* e família *Phakopsoraceae* (REIS et al., 2012). O fungo possui dois tipos de esporos, os uredósporos e os teliósporos, os iniciais são incolores a castanho amarelo pálido, tem o formato elíptico e ovóide, largo com espessura de 1,0 mm e são densamente equinulados, estes, são os mais comuns e se formam na fase epidêmica da doença (ALMEIDA et al., 2005). Os teliósporos são de coloração marrom amarelado pálido, sendo estruturados de duas a sete camadas, com espessura moderadamente uniforme de 1,0 mm, porém pode apresentar engrossamento de até 3 mm nas células das camadas apicais (CARVALHO JUNIOR; FIGUEIREDO, 2000).

Subentende-se que a ferrugem asiática da soja é uma doença foliar causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* em sua fase teleomórfica (perfeita), patógeno que produz teliósporos e, em sua fase anamórfica (imperfeita, clonal), se apresenta na forma de *Malupa sojae* (CARVALHO JUNIOR; FIGUEIREDO, 2000). Com isso, depois de lesionar as plantas, este produz urédias, liberando os uredósporos, que segundo Yorinori, Nunes Junior e Lazzarotto (2004) germinam em uma hora à temperatura ambiente de 25°C a 27°C, e sob condições favoráveis, pode apresentar as primeiras lesões em 4 a 5 dias após a inoculação e esporulação de 6 a 7 dias após a inoculação.

2.2.3 Ciclo e condições de desenvolvimento da doença

Para o desenvolvimento da ferrugem asiática, quando a temperatura favorável e o molhamento foliar advém ao mesmo tempo ocorre facilmente a infecção, sucedendo a germinação dos uredósporos, a formação do apressório e a penetração

do fungo na superfície foliar (PASSINI, 2007). De acordo com Juliatti e Polizel (2004), para o progresso da doença, as condições ideais são temperaturas médias de 15 a 28 °C, e umidade relativa do ar (UR) em torno de 75 a 80 %, com períodos prolongados de orvalho (NUNES, 2016).

Com a assistência de água livre nas folhas e temperaturas entre 15 a 28 °C, acontece a germinação dos uredósporos, a inserção ocorre de maneira direta por meio da cutícula e posterior a formação do tubo germinativo (ALMEIDA et al., 2005). Assim, a hifa parasita não for exterminada, infecta o hospedeiro, desorganizando-o e propiciando o colapso. Por fim, na etapa de colonização acontece a tomada das células e tecidos internos do hospedeiro, fato que resulta na manifestação dos sintomas da doença (ALMEIDA et al., 2005).

Segundo Reis et al. (2015) na urédia é produzido o inóculo secundário, isso, ocasiona a ampliação da doença. Logo, sob condições ideais, o aparecimento das pústulas ou poros se dá de 9 a 10 dias após a infecção do tecido (MADALOSSO; BALARDIN, 2015). Portanto, quando os uredósporos germinam, ocorre a produção de um tubo germinativo que cresce pela superfície da folha até que se formar um apressório, iniciando o processo infeccioso.

O vento é o substancial modo de propagação desse patógeno, que só sobrevive e se multiplica em plantas vivas, para lavouras próximas ou a longa distâncias. Isto posto, outro fator agravante é a existência de outras plantas hospedeiras, constituídas por 95 espécies de 42 gêneros da família Fabaceae que se instalam no Brasil (NUNES, 2016).

A ferrugem asiática contém diversos hospedeiros alternativos. Portanto, conserva uma grande quantidade de fontes de inóculo. Pelo menos seis horas de água livre, ou seja, molhamento das folhas, pode promover a infecção. Logo, chuvas frequentes e intensas durante o desenvolvimento da doença causam as epidemias mais severas.

Assim, depois da infecção aparecem as primeiras pústulas com uredósporos que sob condições favoráveis, são capazes de progredir de baixos níveis de detecção até o desfolhamento, em um mês, ou seja, ocorre a epidemia da ferrugem asiática (NUNES, 2016). Porém, para Sinclair e Backman (1989), a evolução da ferrugem asiática é interrompida em condições secas, precipitações intensas e temperaturas diárias superiores a 30 °C, ou inferiores a 15 °C.

2.2.4 Sintomatologia

Os primeiros sintomas são pequenos pontos escuros que têm espessura de 1 a 2 mm de diâmetro, presentes nas folhas do baixeiro, estes, podem progredir para os demais órgãos da planta. Em razão da limitação oriunda das nervuras das folhas, as áreas infectadas pela doença são de formato poligonal com clorose foliar, portanto as lesões podem atingir de 2 a 5 mm de diâmetro. Depois da formação de lesões, tem-se a produção de urédias que podem ser consideradas “verrugas” de cor castanho claro e escuro, onde a partir disto, ocorre a liberação dos uredosporos (PELIN; WORDELL FILHO; NESI, 2020).

Nesse cenário epidêmico é possível visualizar os sintomas em ambas as faces da folha. O processo produtivo inteiro pode ser afetado pela doença, em razão da intensa desfolha precoce, a qual compromete a formação e o enchimento de vagens e grãos (CAGLIARI, 2018). Esta doença pode afetar qualquer órgão acima do solo, principalmente as folhas, seja qual for o estágio fenológico, sendo mais comum próximo ao florescimento.

Em razão das lesões e urédias nas duas faces da folha, a redução da capacidade fotossintética e a habilidade de produzir energia para o seu desenvolvimento são inevitáveis. Assim, pode-se dizer que alguns sintomas causados por *P. pachyrhizi*, são: o rápido amarelecimento, bronzeamento ou crestamento, queda prematura das folhas e o impedimento da plena formação dos grãos. Ou seja, quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho dos grãos e, conseqüentemente, menor rendimento e qualidade. Outros sintomas, em casos mais severos, a doença causa desfolha nas fases vegetativas, de floração, de formação ou início de enchimento das vagens, causando aborto das flores ou queda total das vagens (YORINORI; NUNES JUNIOR; LAZZAROTTO, 2004).

2.2.5 Medidas de controle da doença

Como princípio, as práticas de manejo da doença podem ser de caráter preventivo e devem ser realizadas conjuntamente. Souza (2015) destaca a escolha do cultivar e época de semeadura, a rotação de culturas, a aplicação de fungicidas e o respeito ao vazio sanitário. Para a efetividade dos métodos de controle, faz-se

necessário o monitoramento da lavoura, onde as práticas citadas acima se tornam a principal estratégia.

Outro método eficaz é a escolha de cultivares de ciclo precoce com folhas lanceoladas, uma vez que, tais plantas perduram menos tempo no campo e conseqüentemente ficam menos expostas ao patógeno. Em paralelo, outro fator essencial é a antecipação da semeadura, pois, é uma estratégia crucial para evitar que períodos críticos do desenvolvimento vegetal sejam afetados pela doença (PELIN; WORDELL FILHO; NESI, 2020).

Quando a planta já foi afetada pela doença e a vagem mudar de cor, recomenda-se que não ocorra a aplicação de produtos químicos, em razão do custo-benefício do cultivo (SALVADORI; BACALTCHUK, 2016). Outrossim, o controle é relevante, uma vez que diminui o inóculo de lavouras vizinhas com cultivares tardias e conseqüentemente de futuros cultivos.

Assim, tão importantes quanto os processos de controle têm-se a escolha da época de aplicação. Gagliari (2019) recomenda que a primeira aplicação de fungicida seja de forma preventiva, comumente no estágio vegetativo (V7), ou seja, de 35 a 45 dias após a emergência das plantas, seguindo as aplicações com intervalo de no máximo 15 dias. Este cuidado na aplicação é de suma importância, pois, se realizado de forma adequada pode auxiliar significativamente no controle da doença.

Godoy et al. (2019) defende a eficiência no controle da doença a partir da utilização de produtos com mais de um ingrediente, uma vez que, aplicações de produtos com mais modos de ação propiciam melhores resultados, ou seja, reduzem a severidade da doença. Ademais, para Debortoli et al. (2012) um fator importante é o espectro de gotas finas com DMV variável entre 119 e 216 μm , segundo o autor, este proporciona bons resultados, controle da doença e maior produtividade.

Junto com o monitoramento e aliado ao controle químico, outra ferramenta que pode ser usada no controle da ferrugem asiática da soja são os sistemas de previsão de doenças, que tem como principal função indicar os períodos em que as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento da doença.

2.3 SISTEMA DE PREVISÃO DE DOENÇAS

Uma definição simples para os sistemas de previsão é a realidade, que indica o início ou o desenvolvimento futuro de uma doença. Além de a previsão do momento

adequado para realizar a pulverização de agrotóxicos, deve-se considerar o patógeno e avaliar se há quantidades suficientes para iniciar uma epidemia e se o hospedeiro é suscetível ao ataque (BERGAMIM FILHO; AMORIM, 1995).

Esse sistema auxilia na identificação inicial da doença na cultura, no planejamento e tomada de decisão da aplicação de fungicidas no campo, na redução de eventuais contaminações ambientais e outras consequências indesejáveis, decorrentes de aplicações desnecessárias. Além disso, ele reduz as chances de desenvolvimento de resistência da ferrugem a fungicidas, por meio de aplicações preventivas, com menor pressão de inóculo (GHINI; KIMATI, 2002).

Para Trentin (2006), os sistemas podem vir a diminuir a ocorrência de epidemias severas, os custos de produção e a poluição ambiental, visto que, tem o objetivo de reduzir o número de aplicações de agroquímicos. O autor ainda ressalta que, nas últimas décadas, com o avanço das tecnologias e inovações, ocorreu a introdução de um estudo preciso do efeito dos elementos meteorológicos no desenvolvimento de fitopatologias.

De acordo com Reis et al. (2009), pode-se dizer que os sistemas se baseiam, grande parte das vezes, em requerimentos climáticos para a multiplicação do inóculo e infecção, e, por isso, o monitoramento torna-se muito trabalhoso. Os três fatores dominantes da ocorrência de doenças são ambiente favorável, hospedeiro e patógeno. São estes que regem os sistemas de previsão de doenças.

Os métodos e aplicações que estimam a progressão de doenças dependem dos diversos tipos de grupos de pesquisa, uma vez que as diferenças podem envolver dados climáticos, meteorológicos, fenológicos, geográficos e o tipo de modelo, além de como esses dados serão armazenados, processados e entregues ao público-alvo. Seja qual for o modo que antecipe o desenvolvimento ou o início de uma fitopatologia, a partir dos três fatores, pode-se considerar um sistema de previsão. Neste sentido, estudos controlados ou de campo, desenvolvidos com base em conhecimentos epidemiológicos, estruturam os modelos de previsão de doenças ou de riscos (DEL PONTE et al., 2006).

Sistemas de previsão de doenças podem ser vistos de acordo com a abordagem conceitual ou com o tipo de informação usada para fazer a previsão. Especificamente, os previsores podem ser classificados em relação às informações da cultura, doença, patógeno e ambiente, ou a combinação de todos esses fatores. Também são utilizados aspectos em relação ao pré-plantio ou pós-plantio, se o

modelo é empírico ou explanatório e quais as características específicas das epidemias, tais como inóculo primário, inóculo secundário ou taxa de aumento da doença, tudo isso serve como base para as previsões (CAMPBELL; MADDEN, 1990).

Para Bergamin Filho e Amorim (1995), os modelos podem ser formulados para qualquer patossistema, tanto para cultura anual quanto perene, com qualquer agente causador e clima, ademais, pode ser uma epidemia curta ou longa, sob níveis experimentais ou continentais. Os autores julgam esses modelos, que utilizam curvas de progressão, os mais eficazes em relação à representação da doença, pois consideram proporção versus tempo.

De maneira simplificada, existem dois tipos de modelos: o empírico, que inicia com a coleta de dados, passa por uma fase de relacioná-los, e, por fim, gera a previsão da doença; o outro é o explanatório, o qual tem início com a elaboração de um conceito derivado, em relação ao funcionamento do sistema, logo após, ocorre a coleta de dados, a relação e compreensão, que eventualmente leva a uma previsão e também inferências (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 2011).

Muitos modelos podem basear-se exclusivamente em dados meteorológicos, portanto, no que diz respeito às variáveis nos sistemas de previsão, destacam-se alguns fatores utilizados, que são: umidade relativa do ar, temperatura do ar, precipitação, severidade acumulada e molhamento foliar (OLIVEIRA, 2005). Sabe-se que esse conceito é amplo, deste modo, pode abrigar sofisticados *softwares* de computadores, até simples regras que relacionem, por exemplo, infecção com horas de molhamento foliar (TRENTIN, 2006).

A efetividade é garantida por meio de simulações que avaliam o progresso das doenças nas plantas, com o objetivo de aplicar fungicida no momento exato. Além disso, para Bergamin Filho e Amorim (1996), os sistemas de previsão apresentam algumas vantagens, como a diminuição do risco de epidemias, maior lucro ao produtor, devido à redução de pulverizações, e menores danos à saúde do homem e ao ambiente.

Entende-se que prever doenças de plantas é relevante por dois motivos: economia e segurança. Quanto a economia tem-se a redução dos custos de produção através de aplicações adequadas de medidas de controle. Em relação à segurança, envolve não apenas a cultura, pois reduz alguns efeitos tóxicos sobre as plantas e o ambiente externo, diminuindo a exposição de outras culturas, trabalhadores e consumidores aos agrotóxicos (HARDWICK, 2006).

Diversos estudos sobre sistemas de previsão de doenças foram feitos, incluindo diferentes culturas de importância agrícola. Angelotti et al. (2012) testaram modelos de previsão para míldio e oídio da videira, enquanto Bosco et al. (2010) trabalharam com sistemas de previsão para o controle da requeima em batata e obtiveram resultados satisfatórios, sendo que diminuíram o número de aplicações de fungicidas sem alterar significativamente a produção de batatas. Engers (2019) testou um sistema de previsão de manejo da ferrugem asiática na soja e também obteve resultados interessantes, já que teve diminuição no número de aplicação de fungicidas sem alterar significativamente a produção.

Em suma, os sistemas de previsão de doenças têm como principal função identificar ocorrência de doenças ou epidemias antes de sua infecção no campo. Esses podem assessorar no monitoramento, caso ocorra o estabelecimento da doença na cultura, e possibilitam o planejamento dos agricultores. Por fim, com a aproximação de danos econômicos, os sistemas de previsão são capazes de promover um eficiente controle ou propiciar a economia de aplicações por meio de sistemas de aplicação calendarizados, garantindo a estabilidade e resultando em menores danos ambientais (DEL PONTE et al., 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento a campo foi desenvolvido em uma propriedade rural na localidade na Esquina Konrad, interior de Entre-Ijuís - RS (latitude: 28°23'S; longitude: 54°16'O; altitude: 273m), onde predomina Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006), que foi submetido à análise química de nutrientes e posterior adubação corretiva realizada em pré-semeadura, conforme as recomendações técnicas para a cultura da soja (CQFS, 2016). O clima da região é Cfa segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), caracterizado como clima subtropical úmido, com verão quente e sem estação seca definida.

O genótipo utilizado foi BRASMAX COMPACTA IPRO, que não contém a resistência ao fungo que causa a ferrugem asiática, sementes com Tratamento de Sementes Industrial (TSI) semeado em 11/01/2021, sob palhada de milho safra colhido em 10/01/2021, no espaçamento de 0,45 entre linhas. Cada unidade experimental consistiu de 5 linhas de semeadura (2,25 metros de largura) por 5 metros de comprimento.

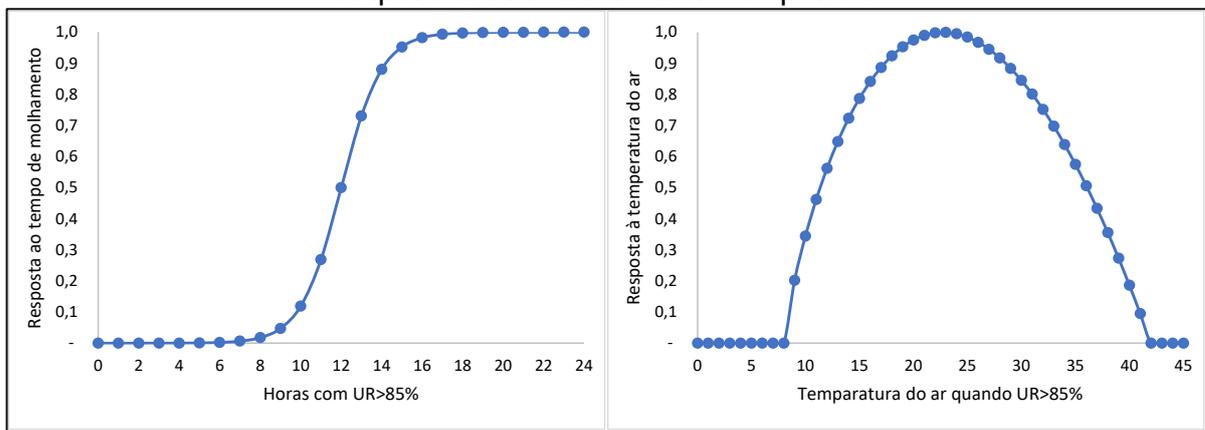
O delineamento utilizado foi blocos ao acaso, tendo 12 tratamentos (2 populações x 6 programas de manejos da doença) e quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. O fator A consistiu de manejo em quatro diferentes momentos de aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem asiática, conforme a indicação do sistema de previsão de doenças: aplicação a cada 15, 12, 9 e 6 valores de severidade calculada (VSC) acumulados pelo sistema, além de aplicação calendarizada a cada 14 dias (a partir do estágio R1) e testemunha sem aplicação. O fator D consistiu de duas populações de plantas diferentes: 246.666 e 451.111 plantas por hectare.

As duas primeiras aplicações dos tratamentos foram realizadas com um fungicida mesostêmico e sistêmico dos grupos químicos carboxamida, triazolintiona e estrobilurina. As demais aplicações foram realizadas com fungicida sistêmico dos grupos químicos epoxiconazol, fluxaproxade e piraclostrobina, com intuito de minimizar a indução do patógeno à resistência aos fungicidas.

Para o cálculo do VSC pelo sistema de previsão, os dados foram obtidos em intervalos de 30 minutos em uma estação meteorológica marca Instrutemp, modelo ITWH1080, instalada na propriedade, à uma distância de 60 metros de onde o experimento a campo foi implantado. O sistema de cálculo integrou o resultado do

tempo em que a umidade relativa do ar foi maior que 85% (UR>85%) e a temperatura média do ar nesse período, sendo o resultado diário variável entre 0 e 1 (ENGERS, 2019). Como mostra a Figura 1, quando se tinha mais de 8 horas com umidade relativa do ar maior que 85% iniciava a contagem e se estabilizava no valor máximo de 1 depois de 16 horas. Já em relação a temperatura do ar, a contagem acontecia quando a temperatura estava entre 8 e 38°C, com um valor máximo quando atingia 24°C. A contagem iniciou-se no momento que que as plantas estavam no estágio V5 (21/02/21) segundo a escala fenológica de Fehr e Caviness (1977).

Figura 1 - Respostas de favorabilidade à ferrugem asiática da soja em função o resultado do tempo em que a umidade relativa do ar é maior que 85% e da temperatura média do ar nesse período



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Para fins de análise da produtividade média, foram colhidas todas as plantas de três metros lineares da fileira central de cada unidade experimental, no dia 03/05/21. Depois, foram escolhidas 10 plantas aleatórias dentre as colhidas na parcela e foi contabilizado o número de legumes por planta e o número de grãos por legume. Foi realizada a pesagem da massa de 1000 grãos, com correção de umidade para 13%.

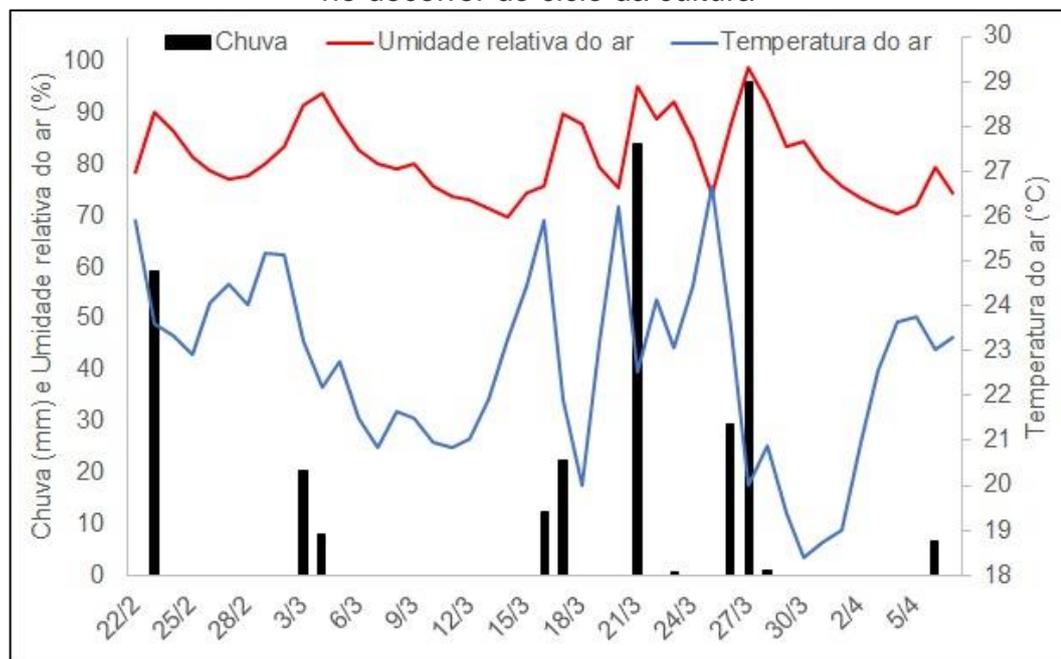
Os dados foram submetidos à ANOVA pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema usado para calcular o VSC integrou o resultado do tempo em que a umidade relativa do ar foi maior que 85% (UR>85%) e a temperatura média do ar nesse período.

De acordo com o IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz) a média de precipitação de chuva neste período do mês de março é de 128,1mm, com temperaturas entre os 18 e 29°C. Sendo assim teve-se uma precipitação maior do que a média dos últimos 30 anos, com a temperatura mínima de 18,4°C e máxima de 26,6°C. (Figura 2)

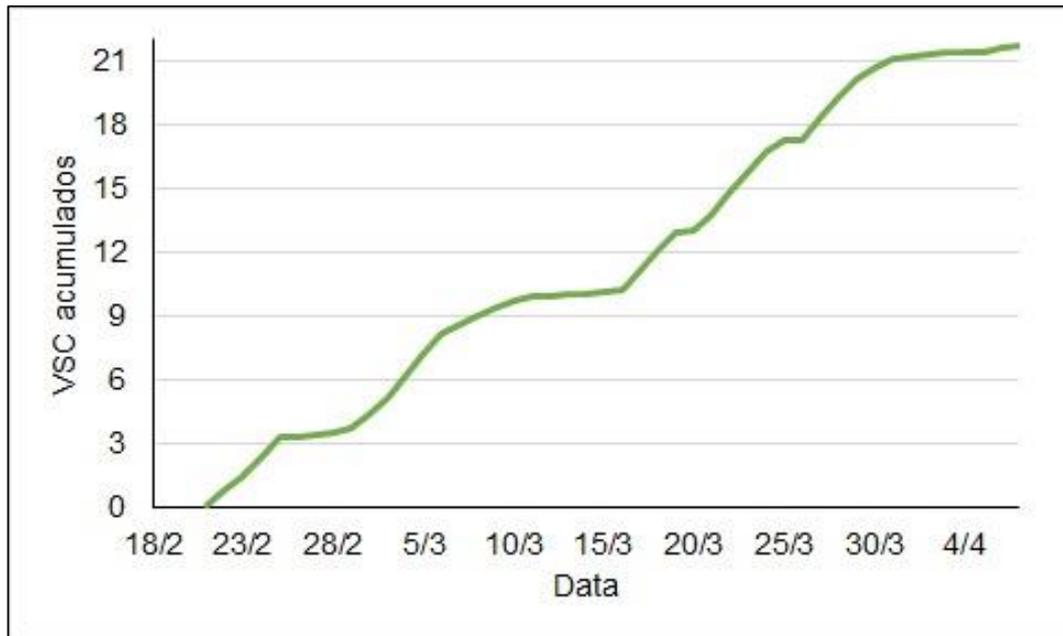
Figura 2 - Chuva, umidade relativa do ar e temperatura do ar em função das datas no decorrer do ciclo da cultura



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Em relação ao número de aplicações de fungicidas para o controle da ferrugem, de acordo com o sistema de previsão, nos tratamentos 15VSC e 12VSC apenas uma aplicação foi feita em cada parcela. No tratamento 9VSC foram feitas duas aplicações, enquanto no 6VSC foram feitas 3 aplicações. Da mesma forma, no tratamento CALENDARIZADO foram feitas 3 aplicações ao longo do ciclo a partir de R1. E no tratamento TESTEMUNHA, não foi feita nenhuma aplicação. Na Figura 3, pode se observar as datas onde foram feitas as aplicações de fungicidas em cada valor de severidade calculada.

Figura 3 - Valores de severidade calculados em função da data durante o ciclo da cultura



Fonte: elaborado pelo autor (2022).

Os principais componentes de rendimento da soja, além da população de plantas por área, são: número de legumes por planta, número de grãos por legume e PMS (peso de mil sementes) (NAVARRO JÚNIOR; COSTA, 2002). Em relação ao número de legumes por planta (Tabela 1), não houve diferença significativa entre os programas de manejo e nem entre as diferentes populações de plantas. Mas, pode-se destacar que na população de 451.111 plantas ha^{-1} , no tratamento 9VSC ocorreu a maior média de número de legumes por planta, o que é consoante ao resultado encontrado por Engers (2019), onde o tratamento 9VSC de um genótipo sem tecnologia de resistência ao fungo, como o usado neste trabalho, obteve também a maior média.

Já em relação ao número de grãos por legume (Tabela 2), não houve diferença significativa entre os programas de manejo, mas sim entre as duas diferentes populações de plantas. Destaca-se o Tratamento 6VSC com a densidade de semeadura de 451.111 plantas ha^{-1} como o com maior média de número de grãos por legume, sendo de 2,43. Já o tratamento 6VSC com a densidade de semeadura de 246.666 plantas ha^{-1} teve a menor média, que foi de 2,17. Estes resultados também se assemelham aos obtidos por Engers (2019), onde em relação ao número de grãos por legume não houve diferença entre os tratamentos de aplicação de fungicida.

Tabela 1 - Número de legumes por planta de soja, com duas populações de plantas, sendo 1=246666 Plantas ha⁻¹ e 2= 451111 Plantas ha⁻¹, em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação)

Tratamento	Nº legumes por planta	
	1	2
6 VSC	38,25 ns	31,5 ns
9 VSC	37,25	45
12 VSC	38	34
15 VSC	38,25	30,5
Testemunha	40	34,25
Calendarizado	42	35,5
Média	39	35,25
C.V. (%)**	25,91	

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

ns*: Não significativo pela ANOVA em nível de significância de 5% de erro. **Coeficiente de variação.

Tabela 2 - Número de grãos por legume, com duas populações de plantas, sendo 1=246666 plantas ha⁻¹ e 2= 451111 plantas ha⁻¹, em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação)

Tratamento	Nº grãos por legume	
	1	2
6 VSC	2,17 A*	2,43 B
9 VSC	2,34 A	2,28 B
12 VSC	2,20 A	2,34 B
15 VSC	2,33 A	2,29 B
Testemunha	2,23 A	2,30 B
Calendarizado	2,27 A	2,29 B
Média	2,26 A	2,32 B
C.V. (%)**	4,19	

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha não apresentam diferenças significantes, em nível de significância de 5% de erro, pelo teste de Scott-Knott. **Coeficiente de variação.

No componente de produtividade PMS (Tabela 3), não houve diferença significativa entre as duas populações. Em relação aos programas de manejo, pode se destacar o programa 9VSC como o maior em ambas as populações, porém não se diferiu dos tratamentos 6VSC e calendarizado. O tratamento com menor massa foi a Testemunha, que não se diferiu dos tratamentos de 15VSC.

Tabela 3 - Peso de mil sementes, com duas populações de plantas, sendo 1=246666 plantas ha⁻¹ e 2= 451111 plantas ha⁻¹, em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação)

Tratamento	PMS	
	1	2
6 VSC	171,74a *	168,89a
9 VSC	168,9a	172,26a
12 VSC	134,77b	154,75b
15 VSC	126,7b	128,97c
Testemunha	125,47b	122,4c
Calendarizado	162,62a	166,36a
Média	148	152,27
C.V. (%)**	4,66	

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna não apresentam diferenças significantes, em nível de significância de 5% de erro, pelo teste de Scott-Knott. **Coeficiente de variação.

Em relação a produtividade média final (Figura 4), não houve diferença significativa entre as populações de plantas, mas sim entre os programas de manejo. Os tratamentos 6VSC, 9VSC e CALENDARIZADO obtiveram médias maiores do que os programas de manejo 12VSC, 15VSC e TESTEMUNHA.

Tabela 4 - Produtividade média (kg ha⁻¹) de duas populações de plantas, sendo 1=246666 plantas ha⁻¹ e 2= 451111 plantas ha⁻¹ em função de tratamentos com aplicação de fungicida (5 VSC, 7 VSC, 9 VSC, 11 VSC, Calendarizado e Testemunha – sem aplicação)

Tratamento	Produtividade média (kg ha ⁻¹)	
	1	2
6 VSC	3092,8a *	3214,5a
9 VSC	3188a	3229,8a
12 VSC	2904b	2875,3b
15 VSC	2752,9b	2689,1b
Testemunha	2596,6b	2665,8b
Calendarizado	3085,3a	2977,4a
Média	2943,6	2935
C.V. (%)**	5,99	

* Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna não apresentam diferenças significantes, em nível de significância de 5% de erro, pelo teste de Scott-Knott. **Coeficiente de variação.

Fonte: elaborado pelo autor (2022).

O tratamento que apresentou a maior média de produtividade foi o 9VSC, que foi de 3.229,78 kg ha⁻¹ na maior população de plantas, que comparado com a TESTEMUNHA que apresentou a menor média (2596,6 kg ha⁻¹), se tem um acréscimo

de produtividade de cerca de 20%. Com isso percebe-se a importância do uso de fungicidas no controle das doenças fúngicas da cultura da soja. Assim como afirmou Soares (2004), o controle da ferrugem da soja será eficaz se forem tomadas uma série de medidas conjuntas, porém quando a doença já está ocorrendo, o controle químico com fungicidas se torna o principal método de controle.

Comparando em relação ao número de pulverizações de fungicidas feitas em cada programa de manejo, nota-se que no tratamento VSC9, foram feitas duas aplicações de fungicidas, enquanto nos tratamentos CALENDARIZADOS e VSC6 foram feitas três aplicações em cada. Ainda assim, não houve diferença significativa entre as médias de produção destes. Ou seja, diminuiu o número de aplicações e a produtividade seguiu a mesma e com isso otimizando a produção, diminuindo o impacto ambiental e aumentando a margem de lucro do agricultor. Em um caso como o deste trabalho o produtor diminuiria o seu custo em torno de R\$150,00 ha⁻¹, que é o custo médio de uma aplicação de fungicida no momento, e teria o mesmo resultado na colheita. Assim sendo, se em uma propriedade de 10ha economizar uma aplicação de fungicida, essa diferença será uma receita de em torno R\$1500,00, suficiente para a compra de uma estação meteorológica semelhante à utilizada neste trabalho.

Deste modo, este trabalho é congruente a outros que afirmam que é possível manter ou aumentar a produtividade, diminuindo o número de aplicações, como é o caso de Nunes, da Silva Martins e Del Ponte (2018) que confirma a hipótese da possibilidade de redução do número de aplicações de fungicidas em lavouras de soja via modelos de previsibilidade de ocorrência da ferrugem-asiática e também ao trabalho realizado por Engers (2019), que constatou que apenas duas aplicações de fungicidas no momento certo foram suficientes para o controle, naquelas condições.

Ainda, existem outros trabalhos realizados com diferentes culturas e doenças, em que os autores obtiveram melhor controle e eficiência dos produtos aplicados, mostrando a importância de um sistema de previsão, como é o caso da requeima em cultivos de batata que permitiu reduzir o número de aplicações de fungicidas sem afetar significativamente a produtividade dos tubérculos (BOSCO et al., 2010).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve diferença entre os programas de manejo, ao se tratar de produtividade. O programa de manejo 9VSC teve a maior média de produtividade em ambas as populações de plantas, mostrando que apenas duas aplicações de fungicidas no momento certo seriam suficientes, sendo possível lucrar financeiramente e ambientalmente com o uso de um sistema de previsão doenças para a ferrugem na cultura da soja safrinha.

Em relação ao número de legumes por planta, não houve diferença significativa entre os programas de manejo e nem entre as diferentes populações de plantas.

Em relação ao número de grãos por legume, não houve diferença significativa entre os programas de manejo, mas sim entre as duas diferentes populações de plantas, onde o tratamento 6VSC com a densidade de semeadura de 451.111 plantas como o com maior média.

No componente de produtividade PMS, não houve diferença significativa entre as duas populações. Em relação aos programas de manejo, pode se destacar o programa 9VSC como a maior média em ambas as populações.

Com a redução de aplicações de fungicidas nas lavouras, pode-se evitar inúmeros problemas, tanto para saúde dos aplicadores e dos consumidores, como para o Meio Ambiente, otimizando as aplicações, ou seja, realizando aplicações oportunas de medidas de controle.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. M. R. *et al.* Doenças da Soja. *In: KIMATI et al. Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas.* São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, cap. 64, p. 569-588.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, Alemanha, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ANGELOTTI, F. *et al.* **Sistema de alerta e previsão para doenças da videira.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012. 34 p.
- BALARDIN, R. S.; DALLAGNOL, L. J; DIDONÉ, H. T.; NAVARINI, L. Influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 462-467, 2006.
- BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico.** 1. ed. São Paulo: Ceres, 1996. 299 p.
- BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. Epidemiologia de doenças de plantas. *In: BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. (org.). Manual de fitopatologia.* 3. ed. São Paulo: Ceres, v. 1, cap. 31, 1995. p. 627-646.
- BERGAMIM FILHO, A.; AMORIM, L. Sistemas de previsão e avisos. *In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. (org.). Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos.* Ouro Fino: CERES, 2018. v. 1, cap. 19, p. 289-303.
- BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (org.). **Manual de fitopatologia: volume 1- princípios e conceitos.** 4. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2011.
- BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1987. 61 p.
- BOSCO, L.; HELDWEIN, A.; BLUME, E.; TRENTIN, G. Sistemas de previsão de requeima em cultivos de batata em Santa Maria, RS. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 649-660, 2010.
- CAGLIARI, C. L. **Momentos para a primeira aplicação de fungicidas associados a multissítios na cultura da soja.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology.** New York: John Wiley & Sons, 1990. 532 p.
- CARVALHO JUNIOR, A. A.; FIGUEIREDO, M. B. A verdadeira identidade da ferrugem da soja no Brasil. **Summa Phytopathologica**, São Paulo, v. 26, p. 197-200, 2000.

Conab. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 8. Safra 2020/21, 12º levantamento, Brasília, p. 1-97, set. 2021.

CQFS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376 p.

DEBORTOLI, M.P.; TORMEN, N.R.; BALARDIN, R.S.; FAVERA, D. D.; STEFANELLO, M.T.; PINTO, F.F.; UEBEL, J.D. 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, p. 920-927, 2012.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C.V.; CANTERI, M.G.; REIS, E.M.; YANG, X.B. Models and applications for risk assessment and prediction of Asian soybean rust epidemics. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 533-544, 2006.

DEL PONTE, E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PIEROBOM, C.R.; BERGSTROM, G.C. Giberela do trigo – aspectos epidemiológicos e modelos de previsão. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 587-605, 2004.

DESLANDES, J. A. Ferrugem da soja e de outras leguminosas causada *Phakopsora pachyrhizi* no estado de Minas Gerais [fungo *Glycine max*, Brasil]. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 337-339, 1979.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1998. 396 p.

ENGERS, L. B. de O. **Sistema de previsão para o manejo da ferrugem asiática em soja**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2019.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 10 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica).

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Sages of soybean development**. Special Report 80. Ames: Iowa State University. 1977. 12 p.

FOLLMANN, D. N. *et al.* Relações lineares entre caracteres de soja safrinha. **Revista de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 40, n. 1, p. 213-221, 2017.

GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 16-18, 2018.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 78 p.

GODOY, C. V. *et al.* **Eficiência de fungicidas para controle da ferrugem asiática**

da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2006/07. Resultados sumarizados dos ensaios em rede. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja. Circular Técnica).

GODOY, C.V. *et al.*, **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, Média de 18 experimentos, safra 2018/19: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Londrina: Embrapa Soja, n. 148, 2019. 1-10 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica).

HARDWICK, N. V. Disease forecasting. *In*: COOKE, B. M.; JONES, D. G.; KAYE B. (org.). **The epidemiology of plant diseases.** 2. ed. Dordrecht: Springer, 2006. p. 239-267.

HENNING, A. A. *et al.* **Manual de identificação de doenças de soja.** 5. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 76 p.

HENNING, A. A. **Manejo de doenças da soja (Glycine max L.Merrill).** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. **Médias Climatológicas.** Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/medias-climatologicas>. Acesso em: 04 fev. 2022.

ITO, M. F. Principais doenças da cultura da soja e manejo integrado. **Nucleus**, Ribeirão Preto, v. 10, n. 3, p. 83-101, 2013.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja.** 1. ed. Uberlândia: EDUFU, 2004. 327 p.

MADALOSSO, M. G; BALARDIN, R. Mecanismo e modo de ação do grupo químico das Carboxamidas [Inibidores da enzima *Sucinato Desidrogenase* (SDHI)]. **Phytus Técnica.** Santa Maria, 6. ed. 2015.

MARCUZZO, L. L.; REIS, E. M. Simplificação dos sistemas de previsão de doenças com vistas à tomada de decisão do momento do controle químico: uma nova abordagem. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 5, p. 1-6, 2021.

NAVARRO JÚNIOR, H.M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 269-274, 2002.

NUNES, C. D. M.; DA SILVA MARTINS, J. F.; DEL PONTE, E. M. **Validação de modelo de previsão de ocorrência da ferrugem asiática da soja com base em precipitação pluviométrica.** Londrina: Embrapa Soja, 2018. p. 1-13. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica).

NUNES, J. L. S. Ferrugem Asiática - Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). **Agrolink.** 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/ferrugem-asiatica_2241.html. Acesso em: 30 nov. 2021.

OLIVEIRA, F. A. de. **Validação de modelos de previsão da ferrugem do cafeeiro e monitoramento de esporos de *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola* em Lavras, MG.** 2005. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PASSINI, F. B. **Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja (*Glycines max.*) na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*).** 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

PELIN, C.; WORDELL FILHO, J. A.; NESI, C. N. Ferrugem asiática da soja: etiologia e controle. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 18-21, 2020.

REIS, E. M. *et al.* **CrITÉrios indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo.** 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2009. 243 p.

REIS, E. M. *et al.* Ferrugem asiática. *In:* REIS, E.M.; CASA, R. T (org.). **Doenças da soja.** Passo Fundo: Berthier, 2012. cap. 3, p. 69-101.

REIS, E. M. *et al.* **Redução da sensibilidade de *Phakopsora pachyrhizi* a fungicidas e estratégia antirresistência: Por que os fungicidas falham?.** 2. ed., ver. e atual. Passo Fundo: Berthier, 2015. 56 p.

SALVADORI, J. R.; BACALTCHUK, B. Manejo da Cultura. *In:* SALVADORI, J. R.; BACALTCHUK, B. **Indicações Técnicas para a Cultura da Soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018.** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2016. p. 55-112.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. *In:* SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja.** Londrina: Mecenias, 2009. p. 1-5.

SIEBEN, A.; MACHADO, C. A. Histórico e contextualização sócio-econômica e ambiental da soja (*Glycine max*) no Brasil. **Geoambiente On-line**, n. 7, p. 1-18, 2006.

SILVA, M. S. L. **Principais doenças da cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*).** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2019.

SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. **Compendium of soybean disease.** 3. ed. Saint Paul: APS Press, 1989.

SOARES, R. M. *et al.* Fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e produtividade da soja. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1245-1247, 2004.

- SOUZA, L. L. P. de. **Efeito do momento de aplicação de fungicida e da época de semeadura no controle da ferrugem asiática da soja.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- TRENTIN, G. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophthora infestans* em batata.** 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- YORINORI, J. T. Frog eye leaf spot of soybean (*Cercospora sojina* Hara). *In: World Soybean Research Conference-IV.* Buenos Aires: Argentina, 1989, p. 1275-1283.
- YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. **Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul.** Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27 p. (Embrapa Soja. Folhetos).
- YORINORI, J. T.; NUNES JÚNIOR, J.; LAZZAROTTO, J. J. **Ferrugem “asiática” da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle.** Londrina: Embrapa Soja, 2004. 27 p. (Embrapa Soja. Cartilha).
- ZITO, R. K. *et al.* Soja. *In: JÚNIOR PAULA, T. J. de; VENZON, M. 101 culturas: manual de tecnologias agrícolas.* Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 699-720.