

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RHAISSA GABRIELLA FABRIS

**AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RELAÇÃO A SEVERIDADE
DO OÍDIO NO MOMENTO DA APLICAÇÃO DO FUNGICIDA**

PATO BRANCO

2022

RHAISSA GABRIELLA FABRIS

**AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RELAÇÃO A SEVERIDADE
DO OÍDIO NO MOMENTO DA APLICAÇÃO DO FUNGICIDA**

**Evaluation of soybean yield in relation to the severity of powdery mildew at
the time of fungicide application**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Idalmir dos Santos, Prof. Dr.

Coorientador: Rosangela Dallemole Giaretta,
Prof.^a Dr.^a

PATO BRANCO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

RHAISSA GABRIELLA FABRIS

**AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA SOJA EM RELAÇÃO A SEVERIDADE
DO OÍDIO NO MOMENTO DA APLICAÇÃO DO FUNGICIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 28/novembro/2022

Idalmir dos Santos

Doutorado em Agronomia (Proteção de Plantas)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Pato Branco

Rosangela Dallemole Giaretta

Doutorado em Agronomia (Fitopatologia)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Pato Branco

Giovana Faneco Pereira

Doutorado em Ecologia (Ambientes Aquáticos Continentais)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - *Campus* Pato Branco

PATO BRANCO

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela minha vida, e por ter me guiado e permitido chegar até aqui.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a Coordenação do Curso de Agronomia pela estrutura e oportunidade de realização da graduação.

Ao meu orientador Professor Dr. Idalmir dos Santos pelo acompanhamento, orientação, confiança, paciência e disponibilidade durante o desenvolvimento do trabalho, e também por todos os anos de convivência e parceria.

À Professora Dr^a. Rosangela Dallemole Giaretta por ter aceitado ser minha co-orientadora e por todo seu conhecimento partilhado.

Ao Professor Dr. Jorge Jamhour, pela disposição em ajudar e principalmente pela paciência ao longo do uso do Overleaf.

Aos queridos amigos e colegas Everton Jean de Oliveira da Cruz e Luana Cagnin Rodrigues pelos anos de amizade e contribuição para a realização deste trabalho.

Ao meu namorado e melhor amigo Ederson Luiz de Souza Santi por estar sempre ao meu lado quando eu mais precisei, pela ajuda, parceria, amor e compreensão.

À minha família, pelo amor, carinho, otimismo, incentivo e, por muitas vezes, terem se tornado agrônomos ao meu lado, minha mãe Jociane Fabris, meus avós Maria Mascarello Fabris e Antônio Cabral da Silva e ao meu irmão Yann Tiago.

À minha mãe, gostaria de te agradecer novamente, por não medir esforços para me proporcionar a melhor formação, saiba que você é meu maior referencial de determinação e força.

A todos que acreditaram no meu projeto e contribuíram de alguma forma para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A ocorrência do oídio (*Microsphaera diffusa* Cke. & Pk.) em soja (*Glycine max* (L.) Merr.), pode causar elevadas perdas de produtividade, principalmente quando as condições ambientais são propícias ao desenvolvimento da doença. Atualmente é possível visualizar a campo mudanças no comportamento da doença, caracterizadas pela crescente dificuldade de controle e maiores danos na produção, elevando o número de aplicações para o controle do oídio e do custo de produção do grão. O número elevado de aplicações do fungicida pode ser explicado pela falta de informação sobre o momento correto para controle do oídio. Portanto neste trabalho foram geradas informações para agricultores, técnicos agrícolas, engenheiros agrônomos e a comunidade científica para o posicionamento adequado dos fungicidas no controle químico do oídio na soja, colaborando para a redução no número de aplicações de fungicidas, mantendo a produtividade do grão e reduzindo os custos. Para estabelecer o momento correto de aplicação do fungicida foi identificado o índice de severidade de oídio que causará dano econômico na cultura da soja. Foram realizados cinco tratamentos no qual seguiram os seguintes critérios, no primeiro tratamento foi realizada a aplicação do fungicida antes da cultura da soja apresentar os primeiros sintomas de oídio, no segundo tratamento a aplicação do fungicida ocorreu ao atingir 15% de severidade de oídio, no terceiro tratamento a aplicação do fungicida ocorreu ao atingir 30% de severidade de oídio, no quarto tratamento a aplicação do fungicida ocorreu ao atingir 45% de severidade de oídio e no quinto tratamento a aplicação do fungicida ocorreu ao atingir 60% de severidade de oídio. O experimento com a cultivar de soja BMX RAI0 50152 RSF IPRO foi conduzido no delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte parcelas. Os dados obtidos das avaliações de severidade da doença e produtividade foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de probabilidade de erro, seguido da análise de regressão polinomial. Como resultado observou-se que a aplicação de fungicida no percentual de 15% de área foliar afetada pelo oídio foi o que apresentou o melhor resultado a campo em relação à produtividade, resultando em 72,26 sacas ha⁻¹. Por outro lado, o ponto de máxima eficiência técnica, determinou que a aplicação de fungicida na severidade de 6,25% é a que resulta na máxima produtividade da soja, sendo de 69,83 sacas ha⁻¹. Estabelecer o momento adequado para a aplicação do fungicida para o controle do oídio permite ao agricultor reduzir o gasto com fungicidas, com o custo de aplicações e dos danos causados ao meio ambiente pela utilização de produtos

químicos.

Palavras-chave: aplicação; fungicida; lavoura; produtividade agrícola.

ABSTRACT

The occurrence of powdery mildew (*Microsphaera diffusa* Cke. & Pk.) in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.), can cause high productivity losses, especially when environmental conditions are conducive to the development of the disease. Currently it is possible to visualize in the field changes in the behavior of the disease, characterized by the increasing difficulty of control and greater damage in production, increasing the number of applications for the control of powdery mildew and the cost of grain production. The high number of fungicide applications can be explained by the lack of information about the correct time for powdery mildew control. Therefore, information was generated for farmers, agricultural technicians, agronomists and the scientific community for the proper positioning of fungicides in the chemical control powdery mildew in soybean, contributing to the reduction in the number of fungicide applications, maintaining grain productivity and reducing costs. To establish the correct moment of fungicide application, the severity index powdery mildew was identified, which will cause economic damage in soybean crop. Five treatments were performed in which the following criteria were followed, in the first treatment the fungicide was performed before the soybean crop presented the first symptoms powdery mildew, in the second treatment the fungicide application occurred at the time reached 15% of powdery mildew severity, in the third treatment the fungicide application occurred at 30% of powdery mildew severity, in the fourth treatment, fungicide application occurred at 45% of powdery mildew severity and in the fifth treatment fungicide application occurred at 60% of powdery mildew severity. The experiment with the soybean cultivar BMX RAI0 50152 RSF IPRO was conducted in a randomized block design, with five treatments and four replications, totaling twenty plots. The data obtained from the evaluations of disease severity and productivity were submitted to variance analysis at a level of 5% probability of error, followed by polynomial regression analysis. As a result, it was observed that the application of fungicide in the percentage of 15% of leaf area affected by powdery mildew was the one that presented the best field result in relation to productivity, resulting in 72.26 bags ha⁻¹. On the other hand, the point of maximum technical efficiency determined that the application of fungicide in the severity of 6.25% is the one that results in the maximum productivity of soybean, being 69.83 bags ha⁻¹. Establishing the appropriate time for the application of fungicide for the control of powdery mildew allows the farmer to reduce the cost of fungicides, with the cost of applications and the damage caused to the environment by the use of chemicals. The evaluated data were submitted to

variance analysis at a level of 5% probability of error, followed by polynomial regression analysis.

Keywords: application; fungicide; agriculture; agricultural productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala diagramática para quantificação da severidade do oídio (<i>Microsphaera diffusa</i>) na cultura da soja (<i>Glycine max</i>)	18
Figura 2 – Produtividade (Kg ha^{-1}) de soja em um experimento conduzido no delineamento inteiramente blocos ao acaso, com cinco percentuais de severidade de oídio (<i>Microsphaera diffusa</i>) (%). Pato Branco, PR. 2021/2022	20
Figura 3 – Parcela experimental aos 15% de severidade de oídio (<i>Microsphaera diffusa</i>)	21
Figura 4 – Parcela experimental aos 60% de severidade de oídio (<i>Microsphaera diffusa</i>)	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de regressão da variável produtividade de soja (Kg ha^{-1}), em um experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com diferentes severidades de oídio (%). Pato Branco, PR. 2021/2022	19
Tabela 2 – Precipitação pluviométrica (mm), umidade relativa (%) e temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) do município de Pato Branco-PR, 2021/2022	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo Geral	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Oídio da soja	12
2.2	Desenvolvimento da doença e sintomas	12
2.3	Níveis de danos e avaliação do oídio na soja	13
2.4	Controle do oídio na soja	14
3	MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1	Local do experimento	16
3.2	Caracterização do experimento	16
3.3	Avaliação da doença	17
3.4	Avaliação da produtividade	18
3.5	Análise estatística	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5	CONCLUSÕES	24
	REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura da soja vem sendo cultivada há mais de 20 anos em 15 estados brasileiros, em diferentes condições edafoclimáticas, sejam elas favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura e ao sistema de produção que a oleaginosa está inserida, essas variações das diferentes regiões sojícolas geram diferentes potenciais para produção do grão (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2017).

Segundo dados da CONAB (2021), na safra 2020/21, o Brasil produziu 135,911 milhões de toneladas de soja em uma área de 38,5 milhões de hectares, a produtividade alcançada registrou aumento de 4,5% em comparação à safra anterior, 2019/20, ou seja, mesmo sob períodos de seca durante a semeadura da soja e das chuvas excessivas no momento da colheita houve um incremento na produtividade nacional do grão, resultante da maximização da produtividade e da maior estabilidade produtiva nos variados ambientes de produção.

Entre os principais fatores que limitam o máximo potencial produtivo na cultura da soja, estão as doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus (SILVA, 2019).

Os problemas relacionados a doenças na cultura da soja variam de ano para ano, entre regiões, entre propriedades de uma mesma região e até mesmo entre talhões de uma mesma propriedade, consequência da cultivar utilizada, da época de semeadura, das condições climáticas existentes, do nível de tecnologia empregado no sistema produtivo e das medidas preventivas de controle, como o vazio sanitário e a rotação de culturas (BARROS, 2009).

No estado do Paraná, as safras de 2003/2004, 2004/2005 e 2020/2021, foram drasticamente afetadas pelos períodos de secas, principalmente durante os estádios iniciais de desenvolvimento da cultura. Essas condições climáticas possibilitaram o aparecimento e desenvolvimento de oídio, comprometendo a produção das lavouras de soja em todo o estado.

De acordo com os estudos de Igarashi *et al.* (2010), as perdas de rendimento causadas pelo oídio (*Erysiphe diffusa*) da soja podem variar ao redor de 26% a 50%, desta forma, o controle desta doença vem preocupando não somente os agricultores, mas também técnicos, engenheiros agrônomos e a comunidade científica.

Segundo a Embrapa (2006a), o controle do oídio deve ser feito quando o nível de infecção atingir de 40% a 50%, da área foliar da planta como um todo, entretanto essa informação deve ser estudada, devido a mudanças de comportamento da doença, principalmente relacionada à maior agressividade e dificuldade no controle. Neste novo cenário não há dados atualizados para definir o momento exato de entrada dos fungicidas.

Sendo assim, no presente trabalho determinou-se o nível de intensidade de oídio que poderá causar dano no rendimento de grãos da soja, possibilitando indicar qual o momento correto para a pulverização de fungicida para o controle químico do oídio nas condições pre-disponíveis em que foi realizado o experimento no município de Pato Branco. As referidas informações são capazes de propiciar economia ao produtor através do posicionamento ade-

quado dos fungicidas, reduzindo o número de aplicações de fungicidas e dos danos causados ao meio ambiente pelos produtos químicos e, evitar perdas no rendimento de grãos de soja.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar o índice de severidade de oídio que causará dano econômico na cultura da soja.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Indicar o início do controle químico do oídio em soja em uma cultivar moderadamente suscetível a doença.
- Contribuir para reduzir o número de aplicações de fungicidas em soja.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Oídio da soja

O agente causal do oídio em soja é um fungo pertencente à classe dos ascomicetos, sub-classe Hymenoascomycetidae, ordem Erysiphales, família Erysiphaceae (MICHEREFF, 2001).

O fungo apresenta micélio bem desenvolvido, septado, hialino e com paredes delgadas que atingem a epiderme da folha, penetrando superficialmente no tecido do hospedeiro. Possui apressórios, no qual é um tipo de célula especializada, formada por estruturas de hifas achatadas, para fixação do micélio na superfície foliar e iniciação dos haustórios, estrutura globosas e periformes especializada na absorção dos nutrientes da célula do hospedeiro, no interior das células epidérmicas. Os conidióforos são hifas aéreas, formadas de uma ou mais células, que darão origem a uma cadeia rígida dos esporos assexuais, chamados de conidiósporos, esses esporos são facilmente dispersos pelo vento a curtas ou a longas distâncias (MIGNUCCI; CHAMBERLAIN, 1978; MENEZES; OLIVEIRA, 1993; YORINORI, 1997; STADNIK; RIVERA, 2001)

A partir da década de 90, foram observados diversos surtos epidêmicos de oídio em diversas cultivares de soja, atingindo diversas regiões produtoras do Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil, nas lavouras afetadas pelo fungo as perdas de rendimento atingiram de 25 a 40%, tornando-se uma das principais doenças da soja (YORINORI, 1997; SILVA; SEGANFREDO, 1999; ALMEIDA *et al.*, 2008; EMBRAPA, 2013)

2.2 Desenvolvimento da doença e sintomas

Em relação ao oídio da soja, quando um conídio ou ascósporo (esporo) cai sobre a superfície da folha do hospedeiro, ele, se em condições favoráveis para desenvolvimento, germina e produz uma teia de micélio que se espalha pela superfície foliar da planta. O micélio penetra nas células epidérmicas e através dos apressórios fixa-se sobre o substrato e, por meio dos haustórios nutre-se das células epidérmicas do hospedeiro, retirando nutrientes de tecidos distantes não infectados (GOTZ; BOYLE, 1998; STADNIK, 2001; STADNIK; MAZZAFERA, 2001).

De acordo com os estudos de Mignucci e Chamberlain (1978), o processo de germinação ocorre cerca de três horas após a chegada do esporo do fungo sob a superfície foliar. Depois de 8 horas o esporo penetrou as células epidérmicas da planta, não infectando a câmara estomática e as células do mesófilo. Após aproximadamente 108 horas, os conídios começaram a se formar. Cerca de 144 horas depois, o conídio na extremidade do conidióforo estava bem definido, apresentando de três a cinco conídios por conidióforos.

Os conidióforos são disseminados pelos ventos, facilmente, a longas distâncias, podendo se espalhar pela lavoura de forma generalizada. O fungo *M. diffusa* pode atacar a cultura da soja em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, porém é mais suscetível no início da floração (STADNIK; RIVERA, 2001).

Segundo Stadnik e Rivera (2001), a doença é favorecida por temperaturas amenas entre 18 e 24 °C e umidade relativa entre 50 e 90%, temperaturas acima dos 30 °C e precipitações intensas são fatores inibitórios ao desenvolvimento do fungo.

Os hospedeiros secundários e as plantas voluntárias, por exemplo sojas guaxas, são as principais fontes de inóculo do fungo. Outros fatores que influenciam na infecção do fungo é a época de semeadura, resistência da cultivar e estágio de desenvolvimento da cultura (YORINORI, 1997).

O quadro sintomatológico de oídio é composto por sintomas e sinais, sendo que os sinais são os mais evidentes e permitem caracterizar a doença, através das estruturas reprodutivas do fungo, principalmente na sua fase assexuada.

O oídio pode ser facilmente reconhecido por formar uma fina camada de micélio e esporos de aspecto pulverulentos sobre a superfície foliar que, de pequenos pontos brancos, pode cobrir toda a parte aérea da planta. Com o passar dos dias, a coloração esbranquiçada do fungo muda para castanho-acinzentada. Sob condição de infecção severa, é possível ocorrer uma redução significativa no rendimento dos grãos, pois a cobertura de micélio e a frutificação do fungo impedem a fotossíntese, além disso em cultivares suscetíveis, à colonização das células epidérmicas das hastes impossibilita a expansão do tecido cortical (YORINORI, 1997).

2.3 Níveis de danos e avaliação do oídio na soja

O primeiro ano de epidemia do oídio no Brasil ocorreu nas safras 1996/1997, quando atingiu áreas de produção de soja do Cerrado ao Rio Grande do Sul, ocasionando perdas de produtividade variando entre 30 a 40% (YORINORI, 1997). Em estudo mais recente, Igarashi *et al.* (2010) observaram perdas de produtividade variando entre 26 e 50%.

Desde então, as alterações no clima nas safras seguintes, com ênfase às estiagens e altas temperaturas, fizeram com que as regiões produtoras de soja sofressem com maiores severidades da doença (STADNIK; RIVERA, 2001).

Deste modo os níveis de danos causados pelo oídio da soja variam em decorrência da localidade e das condições climáticas da região de cultivo, do manejo adotado para a doença e dos genótipos utilizados (CASTRO, 2016).

O dano pode ser obtido através da análise de regressão linear simples, onde os níveis de severidade da doença é a variável independente e a produtividade a variável dependente, e equação que correlaciona essas duas variáveis é chamada de função de dano (ZADOKS, 1985).

A severidade refere-se a porcentagem da área foliar coberta por sintomas e/ou sinais da doença sendo apropriada para quantificar o oídio. Para quantificar a severidade é necessário utilizar estratégias como as chaves descritivas, as escalas diagramáticas e as análises de imagem computadorizada (ECHER, 2019).

Para auxiliar a quantificação da severidade do oídio em soja, Mattiazzi *et al.* (2003) desenvolveram uma escala diagramática, apresentando diferentes níveis de severidade.

2.4 Controle do oídio na soja

A resistência às doenças é uma característica muito desejável nas cultivares comerciais, principalmente atualmente, quando a economia nos insumos e a preservação do meio ambiente são elementos indispensáveis da produção. A uso de cultivares resistentes é o melhor método de controle, por ser eficiente e econômico (MASCARENHAS; ITO, 1998), entretanto, a época de semeadura, a eliminação de plantas voluntárias e o controle químico também são métodos bastante eficazes contra a doença.

Outra forma de evitar perdas de rendimento por oídio é não semear cultivares suscetíveis nas épocas favoráveis à ocorrência da doença (EMBRAPA, 2006b). Devem-se utilizar as cultivares que sejam resistentes (R) a moderadamente resistentes (MR), por exemplo, TMG 7063 IPRO (R) e TMG 7260 IPRO (R) (TMG, 2022).

Não havendo disponibilidade de cultivares com essas características, ou no caso de quebra da resistência de uma cultivar, é preciso pensar em outros métodos de controle, como o tratamento químico, porém, a aplicação de fungicida, não deve ser realizada preventivamente e sim com base na vistoria periódica da lavoura e no nível de infecção. Caso o nível de severidade estabelecido não ocorrer até as plantas atingirem o completo enchimento das vagens, a aplicação de fungicida não deve ser realizada (YORINORI, 1997).

Segundo estudos desenvolvidos por Toigo *et al.* (2008), os fungicidas trifloxistrobina + ciproconazole, trifloxistrobina + tebuconazole e flutriafol + tiofanato metílico indicaram ter reduzido a severidade de oídio na cultura da soja. Por outro lado, estudos de (BLUM *et al.*, 2002) demonstraram que a mistura de tebuconazol + procloraz e a utilização de propiconazol possuem eficácia na redução de oídio.

Dentre os critérios para o controle das doenças de final de ciclo, sugere-se o limiar de ação (LA) (REIS; REIS; CARMONA, 2010). Para o oídio, o controle deve ser realizado quando o limiar de ação atingir 20% de severidade foliar.

De acordo com estudos de Agostini *et al.* (1999) citado por Reis e Casa (2012), foi estabelecido a correlação entre os rendimentos de grãos de soja e a severidade de oídio. A função obtida foi $R: 2.348 - 15,6 S$ com $R^2 = 0,76$ e $P < 0,0001$. Neste caso, o coeficiente de dano (Cd) é de $15,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, ou seja, que para um rendimento de $2.348 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, cada 1% de severidade determina uma redução no rendimento de $15,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Neste contexto é possível

compreender que a presença de oídio nas lavouras causa elevadas perdas de produtividade, sendo necessário o manejo e controle adequado contra a doença.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental do Curso de Agronomia, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus Pato Branco*, na latitude 26° 13' 43" e longitude 52° 40' 14"W, no período de setembro de 2021 a fevereiro de 2022. O clima da região obedece a classificação de Koppen, identifica-se como tipo Cfb (TABALIPA; FIORI, 2008), durante a condução do experimento, a temperatura média variou entre 19,08 °C e 23,99 °C, a umidade relativa se manteve entre 60,22% e 77,26% e precipitação pluviométrica mínima de 0,39 mm e máxima de 8,17 mm. O solo do local é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 2007).

3.2 Caracterização do experimento

As sementes foram tratadas antecipadamente, um dia antes do semeadura, de acordo com as recomendações para a cultura da soja. Utilizou-se um produto de princípio ativo abamectina, em um volume de calda de 500 mL/100 kg de sementes, visando a proteção contra nematoide-das-galhas (*Meloidogyne incognita*), nematoide-das-lesões (*Pratylenchus brachyurus*) e lagarta-elasm (*Elasmopalpus lignosellus*), além disso, foi utilizado grafite com intuito de reduzir o atrito e facilitar o escoamento durante a semeadura. Para a inoculação em sementes utilizou-se um inoculante líquido formulado pelas bactérias (*Bradyrhizobium japonicum*), na dose de 200 mL/50 Kg de sementes e outro inoculante líquido formulado pelas bactérias (*Azospirillum brasilense*), na dose de 100 mL/50 Kg de sementes.

A semeadura da cultura da soja foi realizada no dia vinte e quatro de setembro de 2021, em uma área de plantio direto e rotação de culturas. A cultivar utilizada foi BMX RAI0 50152 RSF IPRO, a qual é moderadamente suscetível ao oídio. Para o semeadura foi utilizada a semeadora de parcelas, modelo SEMINA 2, sendo dispostas 15 sementes/metro linear e espaçamento de 45 cm entre fileiras.

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas. Cada repetição foi constituída de parcelas com seis linhas de cinco metros de comprimento.

O controle de plantas daninhas foi realizado inicialmente através da técnica mecânica por meio da roçada, entretanto devido a sua eficiência limitada foi necessário o controle químico através da utilização dos herbicidas à base de glifosato (0,6 Kg p.c./ha) e fomesafem (1 L p.c./ha).

Para o controle de insetos, como percevejo-marrom (*Euschistus heros*), percevejo-verde (*Nezara viridula*), lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*) e tripes (*Frankliniella schult-*

zei), realizou-se o monitoramento e acompanhamento das pragas e após alcançarem o nível de dano econômico estabelecido para a cultura, efetuou-se a aplicação dos inseticidas a base de imidacloprido (500 mL p.c./ha), acefato (1 Kg p.c./ha), metomil (0,5 L p.c./ha) e acefato (0,5 Kg p.c./ha), representando o uso de três diferentes grupos químicos, sendo eles, neonicotinoides, metilcarbamato de oxima e organofosforado.

Os tratamentos testados foram: T1 - aplicação de fungicida antes da cultura da soja apresentar os primeiros sintomas de oídio, T2 - aplicação de fungicida ao atingir 15% de severidade foliar de oídio, T3 - aplicação de fungicida ao atingir 30% de severidade foliar de oídio, T4 - aplicação de fungicida ao atingir 45% de severidade foliar de oídio e T5 - aplicação de fungicida ao atingir 60% de severidade foliar de oídio.

Para as aplicações do fungicida foi utilizado um produto que atua através do ingrediente ativo fenpropimorfe como inibidor da biossíntese de esteróis, sendo um fungicida de ação sistêmica do grupo químico das morfolinas, na dose de 0,5 L p.c./ha em um volume de calda de 150 L/ha. É importante ressaltar que após a primeira aplicação, não foi realizada a manutenção de cada um dos percentuais estabelecidos, ou seja, não houve reaplicação do fungicida.

As aplicações dos herbicidas e inseticidas foram feitas com o uso do pulverizador costal de CO², até que houvesse o molhamento total das folhas. Para as aplicações do fungicida utilizou-se o pulverizador Jacto 600 litros.

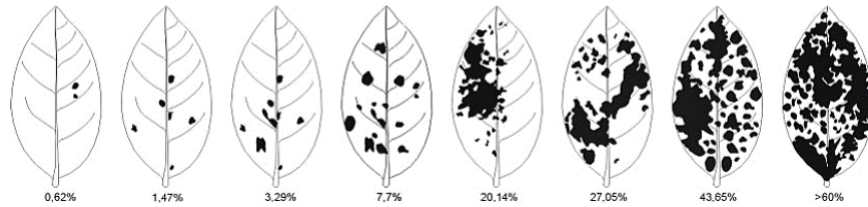
3.3 Avaliação da doença

Foram realizadas cinco avaliações, com intervalos distintos de dias. A primeira avaliação ocorreu a partir da observação das condições climáticas, da presença da doença em cultivos próximos e através da análise do coletor de esporos, identificando a presença ou não dos conídios. Esses fatores após analisados auxiliaram na tomada de decisão sobre o momento adequado para aplicação do fungicida no primeiro tratamento. As demais avaliações ocorreram de acordo com o desenvolvimento da doença até atingir a porcentagem desejada.

Para a coleta de dados foram consideradas as três linhas centrais como área útil e, como bordaduras as duas linhas externas e 0,50 m das extremidades da parcela, foram utilizadas amostras destrutivas, ou seja, cinco plantas foram coletadas ao acaso na área útil por parcela, sendo avaliadas dez trifólios do terço médio de cada planta e posterior média dos trifólios. Essa avaliação foi realizada cinco vezes de acordo com as porcentagens de severidade.

A avaliação da incidência e severidade do oídio nos diferentes tratamentos foi realizada por meio da quantificação visual do nível de infecção da área foliar infectada, conforme escala proposta por Mattiazzi *et al.* (2003) (figura 1).

Figura 1 – Escala diagramática para quantificação da severidade do oídio (*Microsphaera diffusa*) na cultura da soja (*Glycine max*)



Fonte: Mattiazzi *et al.* (2003).

3.4 Avaliação da produtividade

A colheita foi realizada em uma etapa, quando as plantas já estavam no estágio de maturação plena (R8). Foram colhidas as duas linhas centrais de cada parcela, desprezando a linha usada para a avaliação da severidade da doença e as bordaduras.

Após colhidas, as plantas permaneceram em estufa até a secagem, e na sequência, foram trilhadas através da trilhadeira de parcelas, após essa etapa, as sementes foram limpas e pesadas.

Foram verificados ao final o rendimento de grãos (kg ha^{-1}) dos cinco tratamentos.

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos das avaliações de severidade da doença e produtividade foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Após significativo ($P < 0,05$), os dados quantitativos foram avaliados por meio de análise de regressão polinomial. As análises foram feitas através do software Genes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise para a variável produtividade de soja (Kg ha^{-1}) estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de regressão da variável produtividade de soja (Kg ha^{-1}), em um experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso, com diferentes severidades de oídio (%). Pato Branco, PR. 2021/2022

Causas da variação	GL	QM
Tratamentos	4	–
Blocos	3	41296,6 <i>ns</i>
Resíduo	12	15981,4 <i>ns</i>
Regressão do 2º grau (RQ)	1	975503,8 *
Desvios (D)	1	6181,2 <i>ns</i>
Erro	12	15981,4
Total	19	–

* **Significativo em nível de 5 % de probabilidade de erro.** *ns* **não significativo em nível de 5 % de probabilidade de erro.**

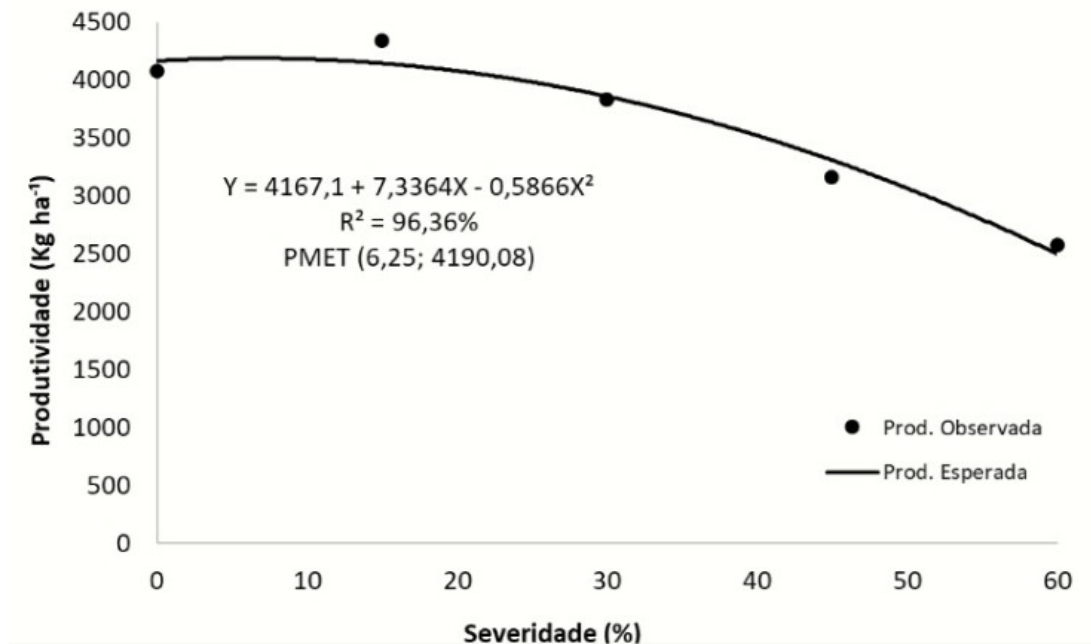
Fonte: Autoria própria (2022).

Ao analisar os dados observa-se que há uma relação quadrática entre produtividade e severidade de oídio para a cultura da soja (Figura 2). A equação permite expressar matematicamente o comportamento dos tratamentos. A equação ajustada mostra que 96,36% da variabilidade de soja (Kg ha^{-1}) pode ser explicada pelos tratamentos (percentuais de severidade). A severidade de 6,25% é o que resulta na máxima produtividade de soja de 4.190,08 Kg ha^{-1} .

Dentre os tratamentos, observou-se que a aplicação de fungicida na severidade de oídio no percentual de 15% (Figura 3) de área foliar afetada foi o que apresentou o melhor resultado em relação a produtividade, resultando em 4.335,56 Kg ha^{-1} , ou seja, 72,26 sacas ha^{-1} . A aplicação de fungicida aos primeiros sintomas de oídio, 30% e 45% de área foliar afetada, obtiveram, respectivamente, a segunda, terceira e quarta menor produtividade, resultando em uma produtividade de 4.076,67; 3.831,11 e 3.156,66 Kg ha^{-1} . A aplicação no percentual de 60% (Figura 4) de área foliar afetada, mostrou a menor produtividade em termos de quilograma e sacas ha^{-1} , sendo de 2.576,67 Kg ha^{-1} representando 42,94 sacas ha^{-1} . Os tratamentos aos primeiros sintomas de oídio, 30, 45 e 60% de severidade apresentaram redução de 4,31; 8,40; 19,65 e 29,31 % sacas ha^{-1} , respectivamente, na produtividade da cultura.

Foi realizado o levantamento de preço para o fungicida (27/11/2022), onde o custo foi de aproximadamente 140,00 R\$ ha^{-1} . O custo do maquinário para aplicação do fungicida foi de aproximadamente 71,34 R\$ ha^{-1} , segundo dados coletados com agrônomos da região sudoeste do Paraná. Já a perda por amassamento representa um custo de 626,40 R\$ ha^{-1} , resultado este do cálculo de uma lavoura de soja com rendimento de 4.300 Kg ha^{-1} , nesse potencial de rendimento, em 500 m^2 amassados há uma redução no rendimento de grãos de 217 Kg ha^{-1} .

Figura 2 – Produtividade (Kg ha^{-1}) de soja em um experimento conduzido no delineamento inteiramente blocos ao acaso, com cinco percentuais de severidade de oídio (*Microsphaera diffusa*) (%). Pato Branco, PR. 2021/2022



Fonte: Autoria própria (2022).

Com estes valores conclui-se que o custo total para controle do oídio é de aproximadamente $837,74 \text{ R\$ ha}^{-1}$. Ao analisar o valor da saca de soja, que estava $\text{R\$}174,00$ no dia 17 de novembro de 2022, há um custo total de $4,81 \text{ sacas ha}^{-1}$.

Analisando todos os tratamentos e suas produtividades, é possível identificar que no tratamento aos primeiros sintomas, no qual obteve uma redução de $4,31 \text{ sacas ha}^{-1}$, não há lucro líquido para a aplicação, representando um prejuízo de $87,00 \text{ R\$ ha}^{-1}$, ou seja, a aplicação não é viável economicamente.

Considerando o custo para a aplicação do fungicida, estimou-se uma perda de $625,16$; $2.581,07$ e $4.263,04 \text{ Reais ha}^{-1}$, para os tratamentos de 30, 45 e 60%, respectivamente, em decorrência da não aplicação de fungicida. Avaliando os gastos estimados com o controle do oídio em comparativo com as perdas de produtividade, foi possível afirmar que a relação custo-benefício para o controle da doença foi significativamente positiva para os tratamentos aos 15, 30, 45 e 60% de severidade foliar.

É importante ressaltar que no primeiro tratamento, aos primeiros sintomas, foi obtida a segunda maior produtividade, devido a recolonização do fungo neste tratamento, na qual não foram quantificados os percentuais de reinfestação. Este fato ocorreu pois a aplicação do fungicida foi realizada precocemente na cultura, favorecendo a infecção do fungo novamente na soja. Por outro lado, para os demais tratamentos não houve recolonização, demonstrando a eficácia do fungicida para as severidades de 15, 30, 45 e 60%.

Outro fator a ser considerado foi a escolha de uma cultivar moderadamente suscetível, a partir de estudos realizados por Rodrigues (2022), observou-se que a cultivar BMX RAI0

Figura 3 – Parcela experimental aos 15% de severidade de oídio (*Microsphaera diffusa*)



Fonte: Aatoria própria (2021).

Figura 4 – Parcela experimental aos 60% de severidade de oídio (*Microsphaera diffusa*)



Fonte: Aatoria própria (2021).

teve maior suscetibilidade ao oídio em relação às demais cultivares que eram moderadamente resistente ou resistente ao oídio. Com destaque a cultivar TMG 7260 IPRO, que apresentou uma severidade de 10,49% aos 97 dias, essa cultivar é resistente ao oídio e classificada como grupo de maturação 6, ou seja, a escolha de uma cultivar resistente e de ciclo longo permitiria apresentar uma menor incidência e severidade da doença e, conseqüentemente, ter reduzido o número de aplicações, resultando em um menor custo de produção da cultura da soja.

Segundo dados do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR), durante a condução do experimento, nos meses de novembro e dezembro, houve um período de estiagem no município de Pato Branco - PR (Tabela 2), esse fator colaborou para a baixa produtividade de grãos dos cinco tratamentos, devido a redução do rendimento de grãos. Segundo o DERAL (2022), a produção da safra de soja no Paraná em 2021/22 atingiu 11,585 milhões de toneladas, contra 19,822 milhões de toneladas da safra anterior, representando uma produtividade média de 2.048 quilos por hectare (34,1 sacas), abaixo dos 3.547 quilos (59,1 sacas) registrados na safra 2020/21. A quebra na produção leva em conta a forte estiagem enfrentada pelo estado.

Tabela 2 – Precipitação pluviométrica (mm), umidade relativa (%) e temperatura média (°C) do município de Pato Branco-PR, 2021/2022

MESES	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	TEMP. MÉDIA (°C)
Setembro	5,73	70,83	20,18
Outubro	8,17	77,26	19,08
Novembro	2,62	71,67	21,60
Dezembro	0,39	60,22	23,99
Janeiro	5,26	71,81	23,90

Fonte: SIMEPAR (2022).

A escolha da cultivar moderadamente suscetível ao oídio, a seca e a temperatura amena foram fatores que favoreceram as altas porcentagens de área foliar afetada pelo oídio, visto que as condições foram favoráveis ao desenvolvimento da doença. Em condições ideais de desenvolvimento da cultura, as perdas poderiam ter sido menores, visto que, vários fatores contribuíram para ocasionar estresse nas plantas e intensificaram os percentuais de severidade de oídio. Mesmo diante todas essas características e adversidades, o controle do oídio aos 15% de severidade foi eficiente em função da produtividade que se obteve.

De acordo com estudos desenvolvidos pela Embrapa (2006a), o controle de oídio deveria ser realizado ao atingir de 40 a 50% da área foliar, entretanto, os dados disponíveis referentes ao momento adequado para aplicação são obsoletos. Portanto, os resultados desta pesquisa poderão auxiliar para uma correta recomendação para o controle do oídio no município de Pato Branco - PR. Visto que o ponto de máxima eficiência técnica estabeleceu-se no percentual de 6,25% de severidade de oídio e as recomendações se estabelecem em torno de 40%, este estudo demonstra que há uma redução de % de severidade para o momento adequado de

controle de 33,75%. Este fato é consequência da mudança de comportamento da doença a campo, devido ao ataque mais severo e a dificuldade para controle.

5 CONCLUSÕES

A equação demonstrou matematicamente que o controle químico do oídio em soja na severidade de 6,25 é o que resulta na máxima produtividade do grão. Em condições de campo, o controle no percentual de 15% de severidade de oídio foi o que apresentou a melhor produtividade do grão.

O controle químico do oídio em soja na severidade de 6,25% é o que resulta na máxima produtividade do grão, conforme observado matematicamente.

Em condições de campo, o controle químico do oídio em soja na severidade de 15% apresentou a melhor produtividade do grão.

O tratamento aos primeiros sintomas de oídio, 30%, 45% e 60% causaram perdas no rendimento de grãos na cultura da soja.

O posicionamento adequado para a pulverização do fungicida contribuirá para reduzir o número de aplicações e dos danos causados ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINI, V. A. *et al.* **Avaliação de fungicidas para o controle do oídio *Microsphaera diffusa*, em soja**, 1999.
- ALMEIDA, M. R. d. *et al.* Characterization of powdery mildews strains from soybean, bean, sunflower, and weeds in Brazil using rDNA-ITS sequences. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p. 26, 2008. ISSN 020-026. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tpp/a/vXLvz8GcG3KjWws5CFKWFNv/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. *et al.* Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016). **Embrapa Soja**, n. 11, p. 21, 2017. ISSN 2178-1680. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156652/1/Boletim-de-PD-11.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- BARROS, R. **Tecnologia e produção de soja e milho 2008/2009**. Mato Grosso do Sul: Fundação MS, 2009. Disponível em: http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7B4A96D348-37CD-4BC0-B770-2776DB92BB56%7D_09_doencas_da_cultura_da_soja.pdf. Acesso em: 25 jul. 2021.
- BLUM, L. E. B. *et al.* Fungicidas e mistura de fungicidas no controle do oídio da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 216–218, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fb/a/nZVDxt86BWpg8JNhMtVWjxh/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- CASTRO, R. L. d. A. **Alterações fisiológicas causadas por fungicidas em soja infectada naturalmente por oídio**. 2016. Tese (Dissertação (Mestrado em Agronomia)) — Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17802>. Acesso em: 29 jul. 2021.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **CONAB**, v. 8, n. 10, p. 110, 2021. ISSN 2318-6852. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/38290_d7845cb956077dbc87cdc7fd8ba804b6. Acesso em: 25 jul. 2021.
- DERAL. **Deral estima produtividade, área plantada e colhida na safra 21/22**. 2022. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Departamento-de-Economia-Rural-Deral>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- ECHER, T. C. **Influência da mistura de fungicidas e inseticidas no controle do oídio (*Microsphaera diffusa*) da soja em casa de vegetação**. 2019. Tese (Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia)) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14161/1/PB_COAGR_2019_1_16.pdf. Acesso em: 29 jul. 2021.
- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja: região Central do Brasil 2007. **Embrapa Soja**, v. 11, p. 177–179, 2006. ISSN 1677-8499. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/469686/1/tpsoja2007.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2007. **Embrapa Soja**, v. 11, p. 225, 2006. ISSN 1677-8499. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/469686/1/tpsoja2007.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.

- EMBRAPA. Mapa de solos do estado do Paraná. **Embrapa Solos**, p. 73, 2007. ISSN 1517-2627. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/339505>. Acesso em: 19 jul. 2021.
- EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2014. **Embrapa Soja**, v. 16, p. 265, 2013. ISSN 2176-2902. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- GOTZ, M.; BOYLE, C. Haustorial function during development of cleistothecia in *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*. **Plant Disease**, v. 82, n. 5, p. 507–511, 1998. ISSN 1943-7692. Disponível em: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PDIS.1998.82.5.507>. Acesso em: 28 jul. 2021.
- IGARASHI, S. *et al.* Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 77, n. 2, p. 245–250, 2010. ISSN 1808-1657. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-16572010000200245&tlng=pt. Acesso em: 25 jul. 2021.
- MASCARENHAS, H. A. A.; ITO, M. F. IAC/IAS-5: soybean cultivar resistant to stem canker. **Bragantia**, v. 57, n. 2, p. 267–269, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/dpStNtflJJhj3Nv7m5qxqYk/?lang=pt#>. Acesso em: 29 jul. 2021.
- MATTIAZZI, P. *et al.* Escala diagramática para avaliação da severidade do oídio em soja. *In*: . Londrina: Embrapa soja, 2003. p. 168. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/463960>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- MENEZES, M.; OLIVEIRA, S. M. A. d. Fungos fitopatogênicos. **Imprensa Universitária**, p. 277, 1993. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17802/1/AlteracoesFisiologicasCausadas.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- MICHEREFF, S. J. **Fundamentos de Fitopatologia**. Recife: UFRPE, 2001.
- MIGNUCCI, J. S.; CHAMBERLAIN, D. W. Interactions of *Microsphaera diffusa* with soybeans and other legumes. **Phytopathology**, v. 68, p. 169–173, 1978. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1978Articles/Phyto68n02_169.PDF. Acesso em: 29 jul. 2021.
- REIS, E. M.; CASA, R. T. **Doenças da soja: etiologia, sintomatologia, diagnose e manejo integrado**. Passo Fundo: Berthier, 2012. ISBN 978-85-7912-082-4.
- REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. **Manual de fungicidas**. 6. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo fundo, 2010.
- RODRIGUES, L. C. **Resistência de cultivares de soja à oídio**. 2022. Tese (Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia)) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.
- SILVA, M. S. L. d. **Principais doenças da cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill)**. 2019. Tese (Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia)) — Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2019. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/537/1/tcc_MarcusSidr%C3%B4nio%20Lima%20da%20Silva.pdf. Acesso em: 25 jun. 2021.
- SILVA, O. C.; SEGANFREDO, R. Quantificação de danos ocasionados por doenças de final de ciclo e oídio, em duas variedades de soja. **Anais, Congresso Brasileiro de Soja**, 1999.
- STADNIK, M. J. História e taxonomia de oídios. 2001. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17802/1/AlteracoesFisiologicasCausadas.pdf>.

STADNIK, M. J.; MAZZAFERA, P. Interações oídio-hospedeiro. 2001. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17802/1/AlteracoesFisiologicasCausadas.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2001. ISBN 978-85-85771-15-7.

TABALIPA, N. L.; FIORI, A. P. Influência do vento na estabilidade dos taludes da bacia do rio ligueiro, município de Pato Branco (PR). **Caminhos da Geografia**, v. 9, n. 27, p. 82 – 98, 2008. ISSN 1678-6343. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15858/8956>. Acesso em: 08 jul. 2021.

TMG. **Cultivares de soja**. 2022. Disponível em: <https://www.tmg.agr.br/ptbr/cultivares/soja>. Acesso em: 19 set. 2022.

TOIGO, S. *et al.* Controle químico do oídio na cultura da soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 491, 2008. ISSN 1983-2443, 1519-1125. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/11707>. Acesso em: 09 jul. 2021.

YORINORI, J. T. Oídio da soja. **Embrapa Soja**, n. 59, p. 5, 1997. ISSN 0100-6606. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/462060/1/comTec059.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

ZADOKS, J. C. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. **Annual Review of Phytopathology**, n. 23, p. 455–473, 1985. ISSN 0066-4286. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.py.23.090185.002323>. Acesso em: 29 jul. 2021.