

EVANDRO PUHL DE MELO

**CONTROLE DE MANCHA-ALVO DA SOJA PELOS FUNGICIDAS FOX® XPRO E
ORKESTRA®**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Emerson Medeiros Del Ponte

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M528c
2024

Melo, Evandro Puhl de, 1992-
Controle de mancha-alvo da soja pelos fungicidas Fox®
Xpro e Orkestra® / Evandro Puhl de Melo. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (34 f.): il.

Orientador: Emerson Medeiros Del Ponte.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Entomologia, 2024.
Referências bibliográficas: f. 29-34.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.328>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Soja - Resistência a doenças e pragas. 2. *Corynespora cassiicola* - Controle. 3. Fungicidas. I. Del Ponte, Emerson Medeiros, 1973-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. III. Título.

CDD 22. ed. 633.3494


EVANDRO PUHL DE MELO

CONTROLE DE MANCHA-ALVO DA SOJA PELOS FUNGICIDAS FOX® XPRO E ORKESTRA®


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 29 de fevereiro de 2024.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 **EVANDRO PUHL DE MELO**
Data: 23/07/2024 15:07:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Evandro Puhl de Melo
Autor

Documento assinado digitalmente
 **EMERSON MEDEIROS DEL PONTE**
Data: 23/07/2024 16:04:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Emerson Medeiros Del Ponte
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por esta oportunidade.

Agradeço à minha família, em especial à minha esposa Andreia e minha filha Alice que têm me ajudado e me deram forças e energia para seguir com este projeto em minha vida. Todos os dias vocês são fundamentais em minha vida.

Aos meus avós Adelaide e Ernani (in memoriam) que ajudaram a me criar e sempre se preocuparam com minha educação. Ao meu irmão Paulo, ao meu primo Carlos e aos meus padrinhos que me ajudaram financeiramente e psicologicamente durante minha graduação em Agronomia, vocês foram cruciais para esta conquista.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa – UFV e seu excelente Curso de Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, por ter me aceitado como aluno e pelo conhecimento adquirido durante o curso.

Agradeço ao meu Orientador, Prof. Emerson Del Ponte, por ter me aceitado como orientado e ter me ajudado a concluir este projeto, sempre disposto a ajudar e não medindo esforços para podermos concluir este projeto. A você muito obrigado.

A Embrapa soja na pessoa da Dra. Cláudia Godoy que gentilmente nos forneceu todos os dados brutos do ensaio.

Ao corpo discente de Pós-graduação que sempre estiveram dispostos a ajudar.

Agradeço também a todos que direta ou indiretamente contribuíram para este projeto.

“Não andem ansiosos por coisa alguma, mas em tudo, pela oração e súplicas, e com ação de graças, apresentem seus pedidos a Deus. E a paz de Deus, que excede todo o entendimento, guardará o coração e a mente de vocês em Cristo Jesus.”

(Filipenses 4:6-7)

RESUMO

MELO, Evandro Puhl de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2024.
Controle de mancha-alvo da soja pelos fungicidas Fox®Xpro e Orkestra®.
Orientador: Emerson Medeiros Del Ponte.

O Brasil é o maior produtor e exportador de soja do mundo: cerca de 42% das 360 milhões de toneladas de soja produzidas globalmente foram cultivadas em solo brasileiro. Isso destaca a significativa contribuição do Brasil para o suprimento global de soja. Várias entidades de pesquisa desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de soluções para o controle eficaz de doenças que afetam a produção de soja, como a mancha-alvo. Além de avaliar a eficácia dos fungicidas, outro foco importante desses estudos é identificar possíveis regiões onde os isolados do fungo *Corynespora cassiicola*, causador da mancha-alvo, possam apresentar resistência aos fungicidas testados. Essa informação é de suma importância para orientar os agricultores sobre quais produtos são mais adequados para serem utilizados em suas áreas específicas, além de auxiliar na prevenção do desenvolvimento de resistência por parte dos patógenos. Nesse sentido, o presente estudo teve como principal objetivo avaliar a eficiência dos fungicidas Orkestra SC e Fox Xpro no controle de *C. cassiicola* ao longo de um período de sete anos. Para a análise e sumarização dos resultados obtidos, foi empregada a técnica de meta-análise, proporcionando uma visão abrangente e precisa da eficácia desses produtos ao longo do tempo. Nos resultados das análises conjuntas foi observada diferenças significativas entre todos os tratamentos, onde o tratamento Fox Xpro apresentou a menor severidade, 12,3%, e uma média de 69% de controle da *C. cassiicola*, e uma produtividade média de 4.013 kg/ha, seguido pelo Orkestra 19,2% e uma média de 52% de controle e uma produtividade de 3.799 kg/ha. Utilizando meta-análise, foi possível concluir que ambos os fungicidas mostraram redução em sua eficácia ao longo dos sete anos de estudo. No entanto, o fungicida Orkestra SC, destacou-se pela perda de eficiência no controle de *C. cassiicola* ao longo dos sete anos.

Palavras chaves: *Corynespora cassiicola*. Resistência a fungicidas. Controle de doenças.

ABSTRACT

MELO, Evandro Puhl de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2024. **Soybean target spot control with Fox®Xpro and Orkestra® fungicides.** Adviser: Emerson Medeiros Del Ponte.

Brazil is the largest producer and exporter of soybeans in the world, about 42% of the 360 million tons of soybeans produced globally is grown in Brazilian. This highlights Brazil's significant contribution to the global soybean supply. Several entities play a fundamental role in researching and developing solutions for the effective control of diseases that affect soybean production, such as Target Spot. In addition to evaluating the efficacy of fungicides, another important focus of these trials is to identify possible regions where isolates of pathogens causing Target Spot may exhibit resistance to fungicides. This information is vital to guiding farmers on which products are most suitable for use in their crops, as well as assisting in preventing the development of fungicide resistance by the pathogens. In this regard, the present study aimed to evaluate the efficacy of the fungicides Orkestra and Fox Xpro in controlling *C. cassiicola* over a period of seven years. For the analysis and summarization of the results obtained, the technique of meta-analysis was employed, providing a comprehensive and accurate view of the efficacy of these products over time. Amongst the findings, significant differences were observed among all treatments, where Fox Xpro treatment showed the lowest disease severity at 12.3%, with an average of 69% control of *C. cassiicola*, and an average yield of 4013 kg/ha, followed by Orkestra at 19.2% severity and an average of 52% control with a yield of 3799 kg/ha. Through meta-analysis, it was possible to conclude that both fungicides showed a reduction in their effectiveness over the seven years of trials. However, the fungicide Orkestra SC, stood out for the loss of efficacy in controlling *C. cassiicola* over the seven-year period.

Keywords: *Corynespora cassiicola*. Fungicide resistance. Disease control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 - Mapa da distribuição dos ensaios em rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 à 2023, utilizados nos estudos.....20
- FIGURA 2 - Gráficos de dispersão da Eficácia do controle de mancha alvo na cultura da soja pelos tratamentos do estudo, comparado com a testemunha, nos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 a 2023.....23
- FIGURA 3 - Gráficos de dispersão da diferença de produtividade da soja submetidas tratamentos para o controle da mancha alvo, comparado com a testemunha, nos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 a 2023.....23
- FIGURA 4 - Histograma com o ganho de produtividade em Kg/ha, em relação à testemunha para o fungicida Orkestra nos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 a 2023.....24
- FIGURA 5 - Histograma com o ganho de produtividade em Kg/ha, em relação à testemunha para o fungicida Fox Xpro nos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 a 2023.....25

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Tratamentos fungicidas utilizados para a análise, dos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 à 2023.....19
- Tabela 2 - Severidade média, erro padrão (SE), Intervalo de confiança (IC 95% inferior e IC 95% superior), eficácia do controle de mancha alvo na cultura da soja pelos tratamentos do estudo, comparado com a testemunha, nos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 a 2023.....21
- Tabela 3 - Produtividade média, erro padrão (SE), Intervalo de confiança (IC 95, inferior e IC 95 superior), diferença de produtividade da soja submetidas aos tratamentos para o controle da mancha alvo, comparado com a testemunha, nos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 à 2023.....22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Mancha-alvo: <i>Corynespora cassiicola</i>	12
2.2 Resistência de fungos a fungicidas	13
2.3 prothioconazole + bixafem + trifloxistrobina - Fox Xpro®.....	15
2.4 fluxapiroxade + piraclostrobina - Orkestra®.....	16
2.5 Emprego da Metanálise	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4. RESULTADOS	20
5. DISCUSSÃO	26
5. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de soja do mundo (EMBRAPA, 2023). De acordo com dados da Embrapa Soja (2023), na safra 2022/2023 das 360 milhões de toneladas de soja produzida globalmente, aproximadamente 42% foram produzidas em solo brasileiro. A produtividade média da safra 2022/2023 foi de 3.508 Kg/ha, de acordo com levantamento da CONAB (2023). Os principais estados produtores de soja do Brasil são: Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás. Aproximadamente 17 milhões de toneladas da soja produzida no Brasil é utilizada para consumo interno principalmente de grãos, farelo e óleo de soja, e grande parte é exportada. O cultivo de soja expandiu no Brasil desde os anos de 1970 e ocupa uma área de aproximadamente 44 milhões de hectares, ou um terço da área cultivada mundial (Embrapa, 2023; CONAB, 2018).

Ramos et al. (2020) observaram a exportação de soja aumentar em 90% entre os anos de 2009 e 2017. O aumento é justificado dada a demanda crescente do mercado internacional por soja Brasileira, sendo a China o principal importador da produção nacional, utilizando-a tanto para alimentação animal quanto humana (WATANABE 2018). O primeiro levantamento da safra brasileira de grãos da safra 2023/2024 mostrou aumento superior a 2% nas áreas destinadas ao plantio de soja no Brasil e estimativa de aumento de 5% na produção nacional (CONAB 2023). Sendo assim, fica clara a importância do cultivo de soja para a economia nacional e para segurança alimentar global. Dados de CEPEA (2019) mostram que se não houver controle fitossanitário das pragas e doenças da soja pode haver perdas de até 40% na produtividade média nacional.

Dentre as doenças que reduzem a produtividade da soja, uma que tem ganhado importância nos últimos anos é mancha-alvo da soja causada pelo fungo *Corynespora cassiicola* (Berk. & M.A. Curtis) C.T. Wei (SOARES et al., 2009; PUIA et al., 2023). A doença foi observada pela primeira vez, em soja cultivada, no estado do Paraná e posteriormente em São Paulo (ALMEIDA et Al. 1976), sendo anteriormente considerado uma doença secundária e de menor importância na cultura (GODOY et al., 2021 e XAVIER et al., 2013). A mancha-alvo começou a ganhar maior importância com o aumento do monocultivo de soja, cultivares suscetíveis e redução na eficiência dos fungicidas (GODOY et al., 2021 e XAVIER et al., 2013). Há relatos de perdas de 35% podendo chegar a 40% de redução na produtividade devido à doença (redução na área foliar) (GODOY et al., 2021).

Os sintomas começam com lesões circulares (pontuações) de coloração castanho-claro, com halos amarelados, chegando a atingir 2 cm de diâmetro e progredindo para uma lesão circular com anéis concêntricos, possuindo em seu centro uma pontuação mais escura com uma aparência que lembra um “alvo” (SNOW et al., 1989 e ALMEIDA et al., 2005). Cultivares suscetíveis, quando em alta severidade a campo, apresentam a desfolha intensa com manchas atingindo o caule e a vagem. Os sintomas são observados a partir do estágio vegetativo da cultura, intensificando com o fechamento do dossel (ALMEIDA et al., 2005). O fungo é necrotrófico, podendo sobreviver por dois anos ou mais em restos culturais (AMORIM et al., 2016).

O patógeno pode infectar mais de 530 espécies de plantas dentre 380 gêneros, sendo as principais de importância econômica soja, algodão, tomate, pepino, seringueira, feijão e alface e causa perdas em mais de 70 países (SMITH et al., 2008; SUMABAT et al., 2018). O fungo se dissemina por meio do vento e gotas de chuva e a exposição a períodos longos de umidade pode favorecer o desenvolvimento da doença. O manejo da doença se dá principalmente pelo emprego de variedades resistentes, tratamento de sementes, rotação de culturas com plantas não hospedeiras e aplicação de fungicidas de parte aérea (MESQUINI, 2012; XAVIER et al., 2021, GODOY et al., 2016). No Brasil, para a cultura da soja há 134 produtos registrados para o controle de mancha-alvo, sendo eles dos grupos químicos: inibidores da succinato desidrogenase, inibidores da quinona externa, inorgânicos, metil benzimidazol carbamato, inibidores da desmetilação, isoftalonitrilas (AGROFIT 2023).

Os fungicidas Fox®Xpro (bixafem + protioconazole + trifloxistrobina) e Orkestra® (fluxapiraxade + piraclostrobina) são amplamente empregados na cultura da soja e do algodoeiro para o controle de mancha-alvo. Ambos os fungicidas são formados por misturas de ingredientes ativos sítio-específico, ou seja, atuam em regiões isoladas do fungo. Devido ao alto risco de desenvolvimento de resistência por algumas populações de patógenos à fungicidas mono-sítios, é necessária rápida detecção de perdas de eficiência em lavouras comerciais (FRAC, 2018). Desde o ano agrícola de 2011/2012, experimentos em rede organizados pela Embrapa Soja vêm sendo conduzidos (anualmente) para a comparação da eficiência de fungicidas registrados para o controle de mancha-alvo na cultura da soja. Estes ensaios são conduzidos por várias instituições de pesquisa, distribuídas nas principais regiões

produtoras de soja do país. Os ensaios visam comparar a eficiência de diferentes fungicidas registrados ou em fase de registro para o controle de mancha-alvo da soja, podendo também identificar possíveis regiões com isolados menos sensíveis aos fungicidas testados pela menor eficiência.

Por meio desses dados é possível comparar os fungicidas e seu respectivo controle na doença ao longo do tempo, de modo a desenhar estratégias para o melhor controle da doença e preservação das moléculas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mancha-alvo: *Corynespora cassiicola*

A mancha-alvo, causada pelo fungo *C. cassiicola*, (WEI, 1950), é uma doença que afeta a cultura da soja. Ela foi relatada pela primeira vez no Brasil em 1976, nos estados do Paraná e São Paulo. Desde então, tornou-se uma preocupação recorrente para os agricultores de soja, devido aos danos que pode causar nas plantações (ALMEIDA et al., 1976).

Corynespora cassiicola é o agente causal da mancha-alvo. Suas lesões nas folhas aparecem inicialmente como pequenas manchas circulares ou ovais, de cor marrom a castanho-escuro. Com o tempo, essas manchas podem se expandir e se tornar necróticas, resultando na queda prematura das folhas. Além das folhas, a doença também pode afetar hastes, vagens e sementes, comprometendo significativamente o rendimento (GODOY et al., 2016). *C. cassiicola* é uma espécie de fungo cosmopolita, comumente encontrada em regiões tropicais e subtropicais ao redor do mundo. Sua distribuição global está relacionada principalmente às condições climáticas favoráveis encontradas nessas regiões (FARR; ROSMANN, 2019).

Uma das características de *C. cassiicola* é sua ampla gama de hospedeiros. Este fungo é conhecido por infectar uma variedade impressionante de plantas, com mais de 530 espécies de plantas dentre 380 gêneros. Essas plantas incluem culturas agrícolas importantes, como soja, algodão, feijão, tomate, pepino e melancia, entre muitas outras. Além disso, *C. cassiicola* também pode infectar plantas ornamentais e espécies de plantas silvestres, contribuindo para sua disseminação e impacto econômico significativo (SUMABAT et al., 2018).

A capacidade de infectar uma ampla variedade de hospedeiros torna *C. cassicola* um patógeno desafiador de se controlar, especialmente em áreas onde várias culturas são cultivadas em proximidade. Isso requer estratégias de manejo integrado de doenças que visam não apenas reduzir a incidência da mancha-alvo nas culturas agrícolas, mas também limitar a disseminação do fungo para outras plantações suscetíveis. (FARR; ROSMANN, 2019).

As condições favoráveis para o desenvolvimento da mancha-alvo incluem alta umidade relativa, temperatura moderada e períodos prolongados de chuva ou orvalho. Sob tais condições, o fungo pode se proliferar rapidamente, infectando as plantas e se espalhando pela cultura (HENNING et al., 2010). O controle eficaz dessa doença requer uma abordagem integrada e a adoção de práticas culturais adequadas para minimizar seu impacto nas plantações de soja.

O manejo da mancha-alvo na soja envolve uma combinação de medidas preventivas e de controle. Isso inclui a utilização de cultivares resistentes, o tratamento de sementes, a rotação de culturas, a eliminação de restos culturais infectados e o controle adequado de plantas daninhas. Além disso, o uso de fungicidas pode ser necessário em casos de infestações severas, seguindo as recomendações técnicas para o tratamento eficaz (GODOY et al., 2016).

2.2 Resistência de fungos a fungicidas

Os fungicidas são agentes químicos utilizados para controlar doenças fúngicas nas plantas. Eles exercem sua ação por meio de diferentes modos de ação, interferindo nos processos metabólicos dos fungos e, assim, impedindo seu crescimento e reprodução. No entanto, quando os fungos desenvolvem resistência a esses fungicidas, tornam-se menos sensíveis ou mesmo completamente insensíveis aos seus efeitos.

A resistência de fitopatógenos a fungicidas é um processo complexo que envolve várias interações entre o fungo e o agente químico utilizado para controlá-lo. A resistência de fitopatógenos a fungicidas pode envolver uma variedade de mecanismos pelos quais os fungos se tornam menos suscetíveis aos efeitos dos agentes químicos utilizados para controlá-los. A compreensão desses mecanismos é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo de resistência. Alguns dos principais mecanismos pelos quais a resistência de fitopatógenos a fungicidas pode ocorrer são listados a seguir (GHINI & KIMATI, 2002):

- Mutações de alvos: Os fungicidas exercem sua atividade inibindo processos metabólicos específicos nos fungos, muitas vezes por meio da interação com alvos moleculares, como enzimas ou proteínas. As mutações nos genes que codificam esses alvos podem resultar em alterações estruturais que reduzem a afinidade do fungicida, tornando-o menos eficaz contra a cepa mutante (GHINI & KIMATI, 2002).
- Aumento da expressão de genes de resistência: Alguns fungos desenvolvem resistência aos fungicidas por meio do aumento da expressão de genes que codificam enzimas capazes de degradar ou inativar o fungicida antes que ele tenha a chance de afetar o fungo. Essas enzimas, conhecidas como enzimas de detoxificação, podem metabolizar o fungicida em formas inativas, reduzindo sua eficácia (GHINI & KIMATI 2002).
- Redução da penetração do fungicida: Os fungicidas precisam penetrar nas células fúngicas para exercer seus efeitos. Alguns fungos desenvolvem resistência reduzindo a taxa de absorção ou aumentando a expressão de bombas de efluxo, que removem o fungicida do interior da célula, limitando assim sua eficácia (GHINI & KIMATI, 2002).
- Alteração da parede celular ou membrana plasmática: Alguns fungos podem desenvolver resistência ao modificar a estrutura da parede celular ou membrana plasmática, tornando-as menos permeáveis ao fungicida ou dificultando sua entrada nas células fúngicas (GHINI & KIMATI, 2002).
- Recombinação genética: A recombinação genética entre cepas sensíveis e resistentes pode levar à transferência de genes de resistência, aumentando assim a prevalência de cepas resistentes na população fúngica (GHINI & KIMATI 2002).

O uso excessivo ou inadequado de fungicidas, como aplicação frequente do mesmo modo de ação, pode exercer pressão seletiva sobre a população fúngica, favorecendo o surgimento e a disseminação de cepas resistentes (GHINI & KIMATI, 2002). Os principais modos de ação dos fungicidas afetados pela resistência de *C. cassicola* incluem (GHINI & KIMATI 2002):

- Inibidores da desmetilação (IDM): Esses fungicidas interferem na produção de esteroides fúngicos, essenciais para a formação da membrana celular e outros processos vitais. Exemplos de moléculas incluem o tebuconazol, o difenoconazol e o propiconazol.
- Inibidores da quinona externa (IQe): Esses fungicidas afetam a respiração celular, inibindo o transporte de elétrons na mitocôndria, o que ocasiona um decréscimo no

pH citosólico, refletindo em um aumento na atividade da enzima nitrato redutase. Exemplos de moléculas incluem azoxistrobina, trifloxistrobina e picoxistrobina.

- Inibidores da succinato desidrogenase (ISDH): atua no complexo II da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria do fungo, impedindo a oxidação de succinato para fumarato. Exemplos de moléculas incluem fluxapiraxade, bixafem e impirfluxan.

Diante desse cenário, é fundamental adotar medidas de manejo integrado de doenças, que incluem a rotação de fungicidas com diferentes modos de ação, o uso racional e sustentável dos produtos químicos, a utilização de variedades de plantas resistentes e a adoção de práticas culturais que promovam a saúde das plantas e reduzam a pressão seletiva sobre os fungicidas.

Em suma, a resistência de *C. cassiicola* a fungicidas representa um desafio significativo para o controle da mancha-alvo na soja e outras culturas. A implementação de estratégias de manejo integrado é essencial para enfrentar esse problema e garantir a sustentabilidade da produção agrícola.

2.3 prothioconazole + bixafem + trifloxistrobina - Fox Xpro®

O fungicida Fox Xpro comercializado no Brasil pela BAYER S.A., foi submetido para registro em 2013 e concedido em 2017. Primeiramente registrado para uso comercial no Brasil em 03/10/2017 para as culturas do algodão, cevada, girassol, milho, soja e trigo conforme Ato número 83. É registrado na cultura da soja para os mais diferentes alvos, dentre eles *C. cassiicola* na dose de 0,5 L ha⁻¹. O produto comercial advém da mistura de bixafem (C2) que por sua vez é um inibidor da succinato desidrogenase (ISDH), junto com o prothioconazole (G2) que pertence ao grupo dos inibidores da desmetilação (IDM) e trifloxistrobina (C1) pertencendo ao grupo dos inibidores de quinona externa (IQe) (AGROFIT 2023, FRAC 2018).

Os IQe têm seu mecanismo de ação inibindo a produção de energia pelo fungo, afetando a transferência de elétrons entre o citocromo b e c (BARTLETT et al, 2002; DELEN; TOSUN, 2004). Os ISDHs, por sua vez, são fungicidas que, da mesma forma que os IQes, atuam impedindo a respiração do fungo, contudo possuem sítio de ação diferente, já que bloqueiam os sítios de ligação da ubiquinona no complexo II da mitocôndria (AVENOT; MICHAILIDES, 2010; XIONG et al., 2015). Os fungicidas IDM agem inativando o processo de desmetilação do lanosterol inibindo a formação de compostos intermediários precursores de ergosterol (RODRIGUES, 2006). Em suma, o fungicida Fox Xpro possui três mecanismos de

ação, dificultando a aparição de populações de fungos fitopatogênicos resistentes ou com menor sensibilidade.

O produto quando ainda estava em fase de registro no MAPA foi testado pela primeira vez no controle de mancha-alvo ainda na safra 2013/2014 nos ensaios cooperativos de mancha-alvo da Embrapa. Sendo que o tratamento já apresentava a maior eficiência de controle dentre os tratamentos e conseqüentemente a maior produtividade. Desde então a fungicida vem sendo testado todas as safras nos ensaios de rede coordenados pela Embrapa (GODOY et al, 2014).

2.4 fluxapiróxade + piraclostrobina - Orkestra®

O fungicida Orkestra® comercializado no Brasil pela BASF S.A., foi submetido para registro em 2010 e concedido em 2013. Primeiramente registrado para uso comercial no Brasil em 26/09/2013 em mais de 100 culturas, entre elas algodão, cevada, girassol, milho, soja e trigo. Foi registrado na cultura da soja para diferentes alvos, dentre eles *C. cassiicola* na dose de 0,25-0,35 L ha⁻¹. O produto comercial é formado pela mistura dos ingredientes ativos fluxapiróxade (C2), inibidor da succinato desidrogenase (ISDH) e piraclostrobina (C1) pertencendo ao grupo dos inibidores de quinona externa (IQe).

O produto, ainda em fase de registro no MAPA, foi testado pela primeira vez no controle de mancha-alvo na safra 2012/2013 nos ensaios cooperativos de mancha-alvo da Embrapa. O fungicida apresentou a maior eficiência de controle dentre os tratamentos e a maior produtividade. Desde então o fungicida foi testado em todas as safras nos ensaios de rede coordenados pela Embrapa (GODOY et al., 2013). Porém, ele foi retirado dos ensaios cooperativos em algumas safras e posteriormente reinserto para avaliação a campo.

2.5 Emprego da Metanálise

Metanálise é uma técnica para sumarizar resultados de ensaios com base em atribuições de pesos e efeitos calculados ao longo de estudos independentes. Com base nisso pode se determinar o quanto cada ensaio contribui para a análise agrupada dos dados (NGUGI et al., 2011 e SCHERM et al., 2014). Ngugi et al. (2011) destacaram que a metanálise tem sido empregada, dentre outros propósitos, para a avaliação de defensivos agrícolas no controle de doenças e redução de perdas por patógenos. O principal objetivo da metanálise é compilar vários estudos

sobre um tema, gerando estimativas como um todo. Embora a metanálise possa ser empregada em qualquer conjunto de dados, quanto maior o número de fontes coletadas de maneira sistemática mais representativa será a metanálise e melhores inferências poderão ser feitas.

As modalidades de metanálise utilizadas para estudos em fitopatologia são diversas. Na parte de epidemiologia e de controle de doenças vários trabalhos foram publicados, sendo um dos assuntos mais abordados a eficácia comparativa de tratamentos químicos para manejo de doenças e redução da perda de produtividade em diferentes locais de produção (ROSENBERG et al, 2004). Outra aplicação muito empregada é a mensuração da relação entre a severidade da doença e a produtividade de diferentes cultivos em diferentes pressões de doença, de modo a avaliar os fatores que afetam as interações entre agentes de controle de doenças de plantas (NGUGI et al. 2011). Molina et al. (2019) avaliando a eficácia de diferentes fungicidas por cinco safras para controle da mancha-alvo em soja e o retorno sobre o investimento da aplicação concluíram que há probabilidade de retorno na aplicação de fungicidas para o controle da doença. Os autores classificaram os fungicidas analisados quanto à eficácia e a produtividade. A metanálise foi fundamental para fazer estas inferências nas principais regiões produtoras de soja no país.

Ngugi et al. (2011), utilizando este tipo de análise em *Phakopsora pachyrhizi* em soja e *Erwinia amylovora* na maçã, concluíram que embora a metanálise seja comumente empregada para corroborar e validar conclusões gerais inferidas de uma revisão qualitativa mais tradicional, ela também consegue descobrir novos padrões e interpretações que não seriam possíveis apenas analisando os ensaios de forma individual.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O banco de dados do presente trabalho contou com 139 ensaios de pesquisa agrônômica envolvendo vários fungicidas registrados ou em fase de registro para o controle de *Corynespora cassiicola*. Dentre os tratamentos, foram selecionados os produtos Fox® Xpro (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) e Orkestra® (fluxapiraxade + piraclostrobina). Os ensaios foram conduzidos de forma cooperativa por instituições de pesquisa em 45 locais do país (Figura 1). Os tratamentos foram aplicados em cultivares suscetíveis à doença e semeadas no início da época

recomendada, de forma a evitar pressão de inóculo do fungo *P. pachyrhizi*, causador da ferrugem asiática da soja. Para o fungicida Orkestra foi utilizado dados de quatro anos (2017, 2018, 2021 e 2022) ao passo que para o fungicida Fox Xpro foi utilizado dados de sete anos (2017 a 2023, ininterruptamente) (Tabela 1 e Figura 1). O sumarizado de cada ano, com todos os dados das instituições onde os ensaios são conduzidos, é divulgado na plataforma de busca de publicações da Embrapa, disponível online de forma pública. Os ensaios são conduzidos onde ocorre alta pressão da doença durante o cultivo da soja. As aplicações dos fungicidas começam no pré-fechamento das linhas, aos 50 dias ($\pm 3,6$ dias) após a semeadura.

O intervalo entre a primeira e a segunda aplicação foi de 15 dias (± 2 dias), entre a segunda e a terceira aplicação de 15 dias (± 2 dias) e entre a terceira e a quarta aplicação (12 ensaios) de 15 dias (± 1 dia). Para a aplicação dos produtos foi utilizado pulverizador costal pressurizado com CO² e volume de aplicação mínimo de 120 L ha⁻¹. Foram avaliados os principais grupos de fungicidas para o controle de *C. cassiicola* (Classificação FRAC - B1, C2, C3, M03, G1, G2 e suas diferentes misturas). Foram realizadas avaliações da severidade da mancha-alvo realizadas após a última aplicação de fungicida; da severidade de outras doenças; da produtividade em área mínima de 5 m² centrais de cada parcela e do peso de 1000 grãos. Para a análise conjunta divulgadas nas circulares anualmente, foram utilizadas as avaliações da severidade da mancha-alvo, realizadas entre os estádios fenológicos R5 (início de enchimento de grãos) e R6 (vagens com 100% de granação) e da produtividade. Os resultados dos ensaios cooperativos ajudam produtores e tomadores de decisão na escolha do programa de fungicidas, com base na incidência de doenças na lavoura.

O efeito dos fungicidas Orkestra e Fox Xpro foi avaliado quanto à eficácia de controle (percentual de redução da doença) e o retorno (ganho percentual) em produtividade, ambos em relação a tratamento testemunha (sem aplicação), o qual permite calcular a eficácia de controle da doença e retorno em produtividade da soja. Apenas os dados da severidade (%) e da produtividade (Kg/ha) da testemunha e dos fungicidas Orkestra e Fox Xpro foram utilizados na metanálise

O modelo metanalítico do tipo “network” ou multivariado foi o utilizado no ensaio, sendo que é mais apropriado do que um modelo univariado (uma metanálise separada para cada fungicida) (MADDEN et al., 2016), justamente para o presente caso em que os tratamentos fungicidas de interesse são avaliados em um mesmo

estudo. Este modelo usa as correlações na estimativa dos efeitos. Foi utilizado o logaritmo das médias da severidade e da produtividade em cada tratamento nos ensaios para fins de normalidade (PAUL et al., 2008). O modelo multivariado estima concomitantemente a média de cada tratamento no mesmo modelo, pois considera uma matriz de variância-covariância entre os estudos e as correlações entre as respostas. A matriz foi primeiramente estimada usando uma estrutura mais complexa de variância-covariância, a “não estruturada”.

Caso não houvesse convergência, o que ocorreu em alguns casos, foi empregada uma estrutura mais simplificada como a simetria composta heterogênea. Os modelos foram ajustados por máxima verossimilhança usando o pacote metafor (Viechtbauer, 2010) do ambiente estatístico e computacional R (R Core Team 2012). Ao passo vez que o modelo estima as médias em logaritmo, a diferença dos logs das médias estimadas para os tratamentos fungicidas e o tratamento (T) e o controle (C) ou referência ($\bar{L} = \hat{\mu}_T - \hat{\mu}_C$), no caso o intercepto estimado, é igual ao log da razão de resposta. O log da razão é então usado para calcular a eficácia de controle (C) e o retorno em produtividade (P), em relação à testemunha e os tratamentos Orkestra e Fox Xpro, conforme o caso, e seus respectivos, erro padrão e intervalos de confiança. Para tal, calcula-se da seguinte forma: $\bar{C} = (1 - (\exp(\bar{L} \text{ sev}))) \times 100$ e $\bar{P} = ((\exp(\bar{L} \text{ prod}) - 1) \times 100)$, respectivamente.

Tabela 1. Tratamentos fungicidas utilizados para a metanálise, dos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 à 2023.

Comercial	Ingrediente ativo	Dose (L/ha)
Testemunha	--	--
Orkestra SC	fluxapiraxade + piraclostrobina	0,35
Fox Xpro	bixafem + protioconazol + trifloxistrobina	0,5

4. RESULTADOS

As instituições de pesquisa participantes da rede de avaliação de fungicidas para o controle de doenças na cultura da soja, conduziram entre os anos de 2017 à 2023, experimentos com a finalidade de avaliar a eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *C. cassicola*. Dentre esses, 139 continham em seus tratamentos os produtos Orkestra e Fox Xpro. Os experimentos foram distribuídos em 45 locais do Brasil (Figura 1).

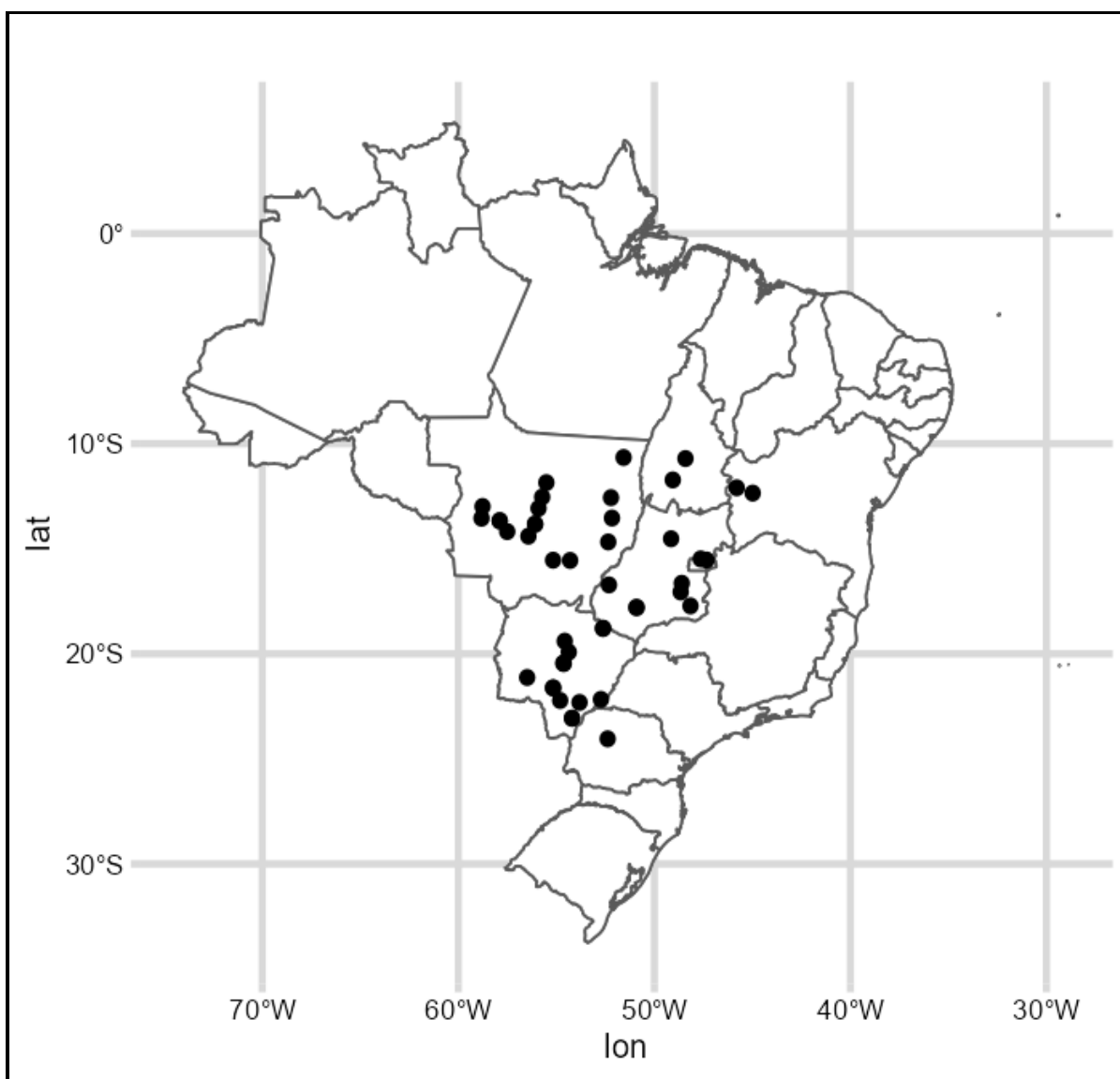


Figura 1: Mapa da distribuição dos ensaios em rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 à 2023, utilizados nos estudos.

O resultado da análise conjunta das avaliações de severidade com base na escala diagramática de Soares et al. 2009, detectou diferenças significativas entre todos os tratamentos, onde o tratamento Fox Xpro apresentou a menor severidade (12,3%), seguido pelo Orkestra (19,2%). A testemunha apresentou média de 40% de severidade. Com base nestes resultados e aplicando a fórmula de Abbott (1925):

$$\text{Porcentual de Controle} = 100(X - Y)/X,$$

onde X é a testemunha e Y o tratamento, o tratamento Fox Xpro obteve uma média de 69% de controle da mancha-alvo e Orkestra apresentou 52%.

Tabela 2. Severidade média (%), erro padrão (SE), Intervalo de confiança (IC 95% inferior e IC 95% superior), eficácia do controle da mancha-alvo (%) na cultura da soja pelos tratamentos do estudo, comparado com a testemunha, nos ensaios em rede entre as safras de 2017 a 2023.

Ingrediente ativo	Severidade	SE	IC95 inf.	IC95 Sup.	Eficácia (%)
Testemunha	40,0 a	0,68	37,4	42,6	-
fluxapiroxade + piraclostrobina	19,2 b	1,32	16,8	21,6	52,0
bixafem + protioconazol + trifloxistrobina	12,3 c	1,21	11,0	13,7	69,25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade

Os dados médios das produtividades dos tratamentos seguiram os mesmos padrões dos resultados da severidade, sendo observadas diferenças significativas entre todos os tratamentos. A produtividade média do tratamento com Fox Xpro foi 4.013 kg/ha (Tabela 2). A produtividade média da testemunha sem fungicida foi de 3.329 kg/ha. O tratamento com Orkestra obteve produtividade média de 3.799 kg/ha.

Os valores baixos no erro padrão e intervalos de confiança estreitos na análise estatística (Tabelas 2 e 3), sugerem que os dados foram consistentes e precisos em relação à média populacional. O erro padrão é uma medida da dispersão dos dados em torno da média amostral. Quanto menor o erro padrão, mais próximos os valores individuais estão da média, o que indica uma maior precisão na estimativa da média populacional.

Os intervalos de confiança são faixas dentro das quais se pode esperar que a verdadeira média populacional esteja com uma certa probabilidade. Quando esses intervalos são estreitos tanto para o limite inferior quanto para o superior, isso significa que a sua estimativa da média populacional é precisa, pois há uma alta probabilidade de que a média real esteja próxima da média amostral.

Tabela 03. Produtividade média (Kg/ha), erro padrão (SE), Intervalo de confiança (IC 95, inferior e IC 95 superior), diferença de produtividade da soja submetidas aos tratamentos para o controle da mancha-alvo, comparado com a testemunha, nos ensaios de rede, entre as safras de 2017 a 2023.

Ingrediente ativo	Produtividade	SE	IC95 inf	IC95 sup	Diferença (kg)
Testemunha	3.329 a	65,8	3.200	3.458	-
fluxapiraxade + piraclostrobina	3.799 b	92,6	3.617	3.980	470
bixafem + protioconazol + trifloxistrobina	4.013 c	69,4	3.877	4.149	684

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Os dados de dispersão da eficácia dos tratamentos no controle da mancha-alvo, em relação a testemunha ao longo de sete anos (Figura 2), onde cada ponto representa a eficácia do ensaio em um determinado local e ano, mostram tendência significativa na redução da eficiência para ambos os produtos durante o tempo, mais acentuada para o tratamento Orkestra. O fungicida Orkestra não foi utilizado nos ensaios nas safras 2018/2019, 2019/2020 e 2022/2023.

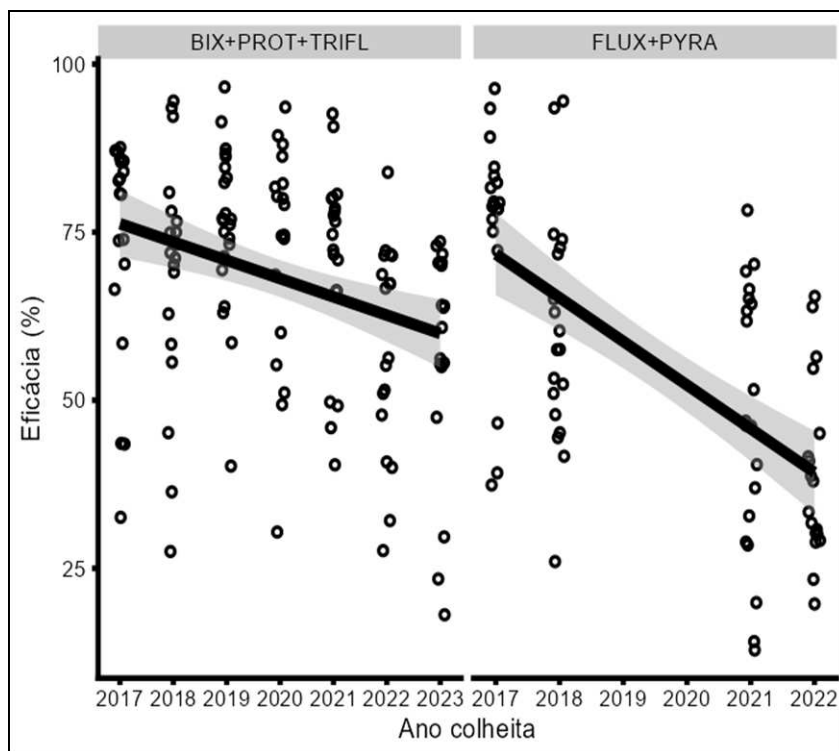


Figura 02: Gráficos de dispersão da Eficácia do controle de mancha-alvo na cultura da soja pelos tratamentos do estudo, comparado com a testemunha, nos ensaios de rede, entre as safras de 2017 a 2023.

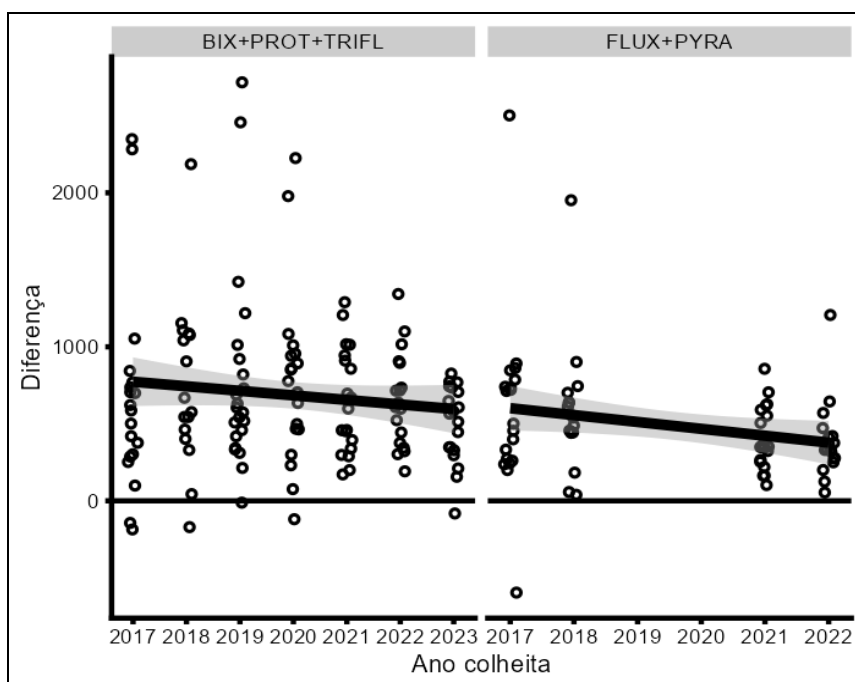


Figura 03: Gráficos de dispersão da diferença de produtividade (kg) da soja submetidas a tratamentos para o controle da mancha-alvo, comparado com a testemunha, nos ensaios de rede entre as safras de 2017 a 2023.

A tendência de redução de produtividade é menos acentuada quando comparada a eficácia (Figura 3). Tal fato pode estar relacionado a fatores ambientais ou pode a menor redução de produtividade pode ser devido ao potencial de dano da doença (ITO, 2005).

Estes gráficos permitem-nos a identificação de pontos discrepantes ou anomalias nos dados, que podem indicar eventos incomuns ou valores extremos que merecem uma investigação mais detalhada do ensaio. A análise visual dos gráficos de dispersão pode ser complementada por métodos estatísticos para quantificar e testar a significância das tendências observadas, bem como para avaliar a relação entre a incidência da doença e outras variáveis ambientais ou agrônômicas ao longo do tempo.

Os gráficos de dispersão são uma ferramenta valiosa na metanálise de dados de doenças de plantas ao longo de vários anos, fornecendo resultados importantes sobre padrões temporais, tendências e anomalias nos dados, o que pode auxiliar na compreensão e manejo dessas doenças.

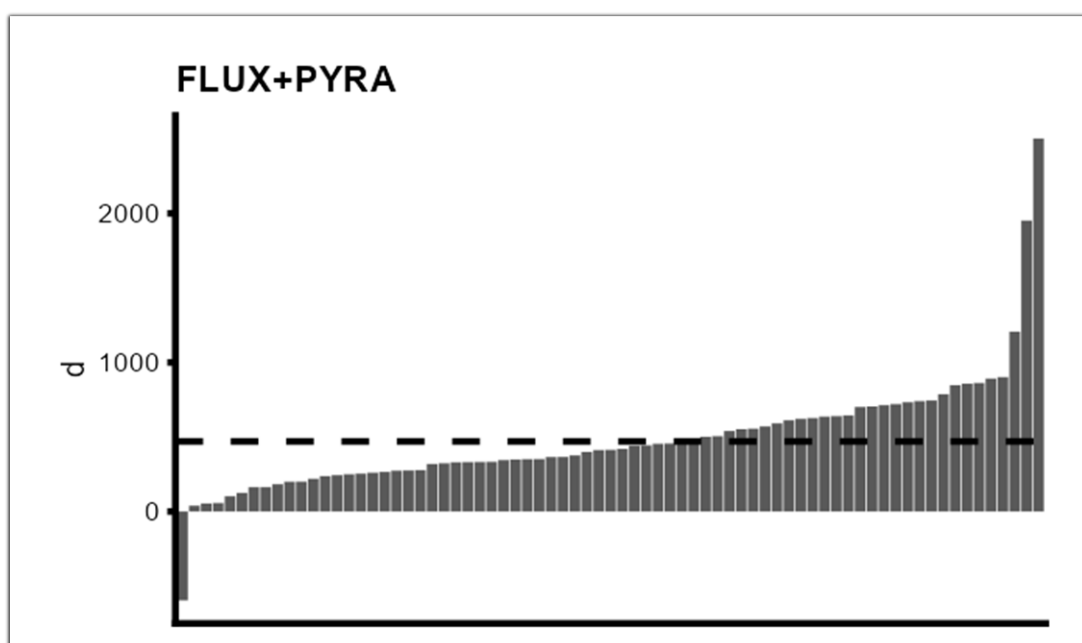


Figura 04: Histograma com o ganho de produtividade em kg/ha, em relação à testemunha para o fungicida Orkestra nos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 a 2023.

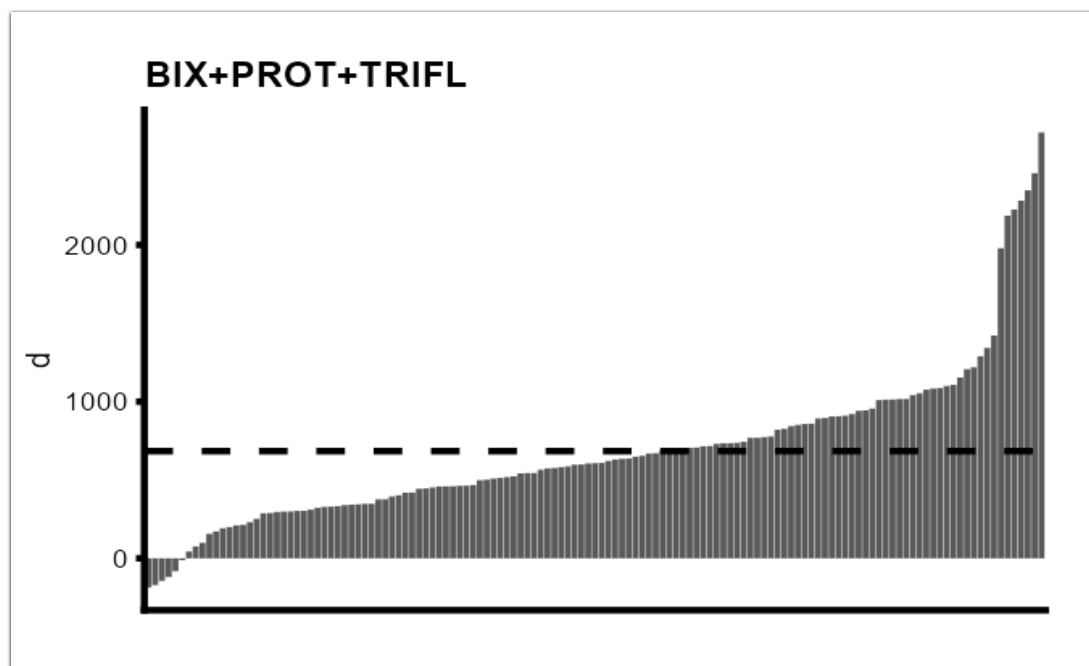


Figura 05: Histograma com o ganho de produtividade em Kg/ha, em relação à testemunha para o fungicida Fox Xpro nos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras, entre as safras de 2017 a 2023.

Nas figuras 04 e 05 têm-se o histograma dos ensaios distribuindo os ganhos e reduções de produtividade dos fungicidas em relação à testemunha durante os anos da metanálise, sendo que para o fungicida Fox Xpro o ganho de produtividade foi mais acentuado. Estas inferências em relação ao ganho de produtividade podem ajudar a medir o retorno sobre o investimento do fungicida. Por exemplo, considerando o custo do Orkestra como R\$ 100,00 por aplicação e o do Fox Xpro como R\$140,00 por aplicação (preços praticados na praça de MT/RO), multiplicado por quatro aplicações, torna-se R\$ 400,00 e R\$ 560,00 por hectare respectivamente. Estabelecendo um preço de soja base CEPEA/ESALQ de R\$ 112,8 por saca de 60 kg (cotação de 09/02/2024), é necessário um retorno mínimo de 213,0 kg por ha (3,55 sacos/ha) para o fungicida Orkestra.

Com relação ao fungicida Fox Xpro o retorno mínimo de 300 kg por ha (ou 5,0 sacos por ha. Estes valores de *break-even* são somente para pagar os custos do fungicida, excluindo ainda os custos operacionais da aplicação, sendo que em algumas localidades os fungicidas não apresentaram retorno econômico.

5. DISCUSSÃO

De acordo com o FRAC (2018), devido ao alto risco de resistência a fungicidas sítio-específicos, como os dois utilizados na metanálise, a rápida detecção de populações resistentes a campo é crucial para o manejo da doença. Estes ensaios em rede de forma cooperativa, utilizando o mesmo produto em diferentes locais do país ajudam a detectar e monitorar a eficiência dos fungicidas a campo. De posse destes dados é possível traçar novas estratégias a fim de mitigar os efeitos da resistência e prolongar a vida útil das moléculas que estão registradas para o controle da doença.

Ao compararmos as tendências da redução no controle do patógeno em função do tempo para ambos os produtos, observamos esta diferença em relação ao desenvolvimento de populações resistentes. Mecanismos de resistência a fungicida frequentemente estão relacionados com os mecanismos de ação dos produtos, onde neste caso temos formulações distintas, com diferenças de modos de ações (GHINI & KIMATI, 2002). O produto Orkestra possui em sua formulação duas moléculas de dois grupos distintos (fluxapiraxade - ISDH e piraclostrobina - IQe).

O fungicida Fox Pro, também possui ingredientes ativos ISDH (bixafem) e IQe (trifloxistrobina) além de um IDM (protioconazol) que atua inibindo a biossíntese de ergosterol nos fungos. O ergosterol é um componente essencial das membranas celulares dos fungos, e sua síntese é crucial para a sobrevivência e o crescimento desses organismos. Ao inibir a síntese de ergosterol, o protioconazol compromete a integridade da membrana celular dos fungos, levando a alterações na permeabilidade e estabilidade da membrana, bem como na função dos transportadores de íons. Isso resulta na morte dos fungos e no controle eficaz de doenças fúngicas nas plantas hospedeiras (GHINI; KIMATI, 2002).

Xavier et al. (2021) estudando a sensibilidade de isolados de *C. cassiicola* obtidos de folhas coletadas no MT e no PR, observaram maior frequência de populações resistentes à piraclostrobina do que ao protioconazol nas diferentes regiões estudadas. Fungicidas ISDH são um grupo com risco de moderado a alto para desenvolvimento de resistência devido ao seu modo de ação sítio-específico (SUN et al., 2005). Resistência às carboxamidas começaram a se desenvolver a campo pouco tempo depois da sua introdução, isso se deve principalmente às mutações em alguns aminoácidos e em alguns casos conferindo resistência cruzada (ZHU et al., 2022).

O FRAC (2023) em seu grupo de trabalho para ISDH começou a reportar alguns poucos isolados com baixa sensibilidade nas safras 2016 e 2017. Nas safras de 2019 e 2020 foi observado um aumento na frequência de isolados com menor sensibilidade aos ISDH. Apesar das descobertas, este grupo de fungicida ainda contribui no controle de *C. cassiicola*. O comitê recomenda a adição de moléculas parceiras que tenham efetivo controle da mancha-alvo e não utilizar este grupo de fungicidas em mais de duas aplicações por ciclo de soja.

Tendo o Fox Xpro uma molécula a mais e com um modo de ação diferente a tendência é proporcionar uma proteção mais ampla e eficaz contra os patógenos. Isso reduz o risco de seleção de cepas resistentes e aumenta a eficácia do controle, e aumenta a vida útil do produto. Uma abordagem eficaz para diminuir a resistência de fungos a fungicidas é utilizar uma estratégia de manejo integrado que envolva o uso de estratégias de controle como cultivares menos suscetíveis, além de rotacionar os fungicidas. Teramoto et al. (2012) relataram que o uso de variedades de soja resistentes à *C. cassiicola* desempenha um papel importante no manejo da resistência a fungicidas ao reduzir a pressão de doenças.

Teramoto et al. (2017) avaliando a sensibilidade de *C. cassiicola* isolado de soja a fungicidas in vitro e o controle químico de mancha-alvo da soja no campo, observaram que a maioria dos isolados foi sensível ao fluxapiraxade, enquanto outros não foram sensíveis ao fluopiram e à boscalida, sugerindo que esses fungicidas podem ter diferentes eficácias no controle de *C. cassiicola*. Há relatos na literatura da resistência do boscalide à *C. cassiicola* (MIYAMOTO et. al., 2009 e MIYAMOTO et. al., 2010). Teramoto et al. (2017) consideraram que a variabilidade do patógeno na sensibilidade aos fungicidas ISDH, IDM e IQe, evidenciou um alto risco à seleção para resistência e sugerem que resistência múltipla a fungicidas pode ocorrer em *C. cassiicola*. Neste trabalho foi detectada baixa sensibilidade generalizada aos metil benzimidazol carbamato, indicando que este grupo de fungicidas não deveria mais ser usado para controle de mancha-alvo.

Ao longo dos anos, os fungicidas proveram retorno econômico (Tabela 3). Embora em alguns casos a relação ficou mais estreita, isto pode ser atribuído ao fato de a doença não causar uma desfolha tão acelerada. Diferentemente da ferrugem-asiática da soja (*P. pachyrhizi*), que pode causar danos de até 70% de produtividade (YORINORI e PAIVA, 2002). Godoy et al., (2023) observaram um ganho de produtividade de aproximadamente 1.100 kg/ha ao aplicar o fungicida Fox

Xpro o no controle da ferrugem-asiática em comparação à testemunha. Infere-se que para os dados observados no ensaio que há ganho na aplicação de fungicidas para o controle de mancha-alvo, porém em algumas situações este ganho não foi tão acentuado. O ganho de produtividade de 470 Kg/ha em relação à testemunha com a aplicação de Orkestra foi observado por Molina et al. (2018) em metanálise de ensaios de mancha-alvo.

5. CONCLUSÕES

A sumarização dos ensaios de rede realizados pela Embrapa Soja e Instituições parceiras entre os anos de 2017 e 2023, avaliando os fungicidas Fox Xpro e Orkestra no controle da mancha-alvo, permitiu concluir que o tratamento com Fox Xpro (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina), apresentou a maior eficácia no controle da doença, além de resultar na maior produtividade em comparação com Orkestra.

Ambos os fungicidas mostraram uma redução em sua eficácia ao longo dos sete anos de estudo. No entanto, o fungicida Orkestra (fluxaproxade + piraclostrobina) destacou-se pela perda de eficiência no controle da mancha-alvo. A resistência do fungo *C. cassiicola* ao longo dos anos possivelmente contribuiu para reduzir a eficácia dos fungicidas.

REFERÊNCIAS

Abbott, WS (1925). A method of computing the effectiveness of on insecticide. **Journal Economic Entomology**, Lanham, v. 18, n. 2, p. 265-267

AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários Recuperado em 20 Fevereiro de, 2023 de http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

Almeida, A. M. R.; Ferreira, L. P.; Yorinori, J. T.; Silva J. F. V.; Henning, A. A.; Godoy, C. V.; Costamilan, L. M.; Meyer, M. C. Doenças da Soja. In: Kimati, H, Amorim, L, Rezenda, JAM, Bergamin Filho, A, Camargo, LEA (2005) (Ed.). **Manual de fitopatologia. 4.ed.** São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, p.569-588.

Almeida, A. M. R.; Machado, C. C.; Ferreira L. P.; Lehman, P. S.; Antonio, H. (1976) Ocorrência de *Corynespora cassiicola* (Berk. & Curt.) Wei no estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira.** 1, 111-112.

Avenot, H. F.; Michailides, T. J. (2010) Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. **Crop protection**, v. 29, n. 7, p. 643-651.

Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M., & Parr-Dobrzanski, B (2002). The strobilurin fungicides. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 58, n. 7, p. 649-662

CEPEA (2019). **Mensuração Econômica da Incidência de Pragas e Doenças no Brasil: Uma Aplicação Para as Culturas de Soja, Milho e Algodão.** Piracicaba: CEPEA

CEPEA (2023). **INDICADOR DA SOJA ESALQ/BM&FBOVESPA - PARANAGUÁ.** Piracicaba: CEPEA Recuperado em 20 fevereiro de, 2023, de <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/soja.aspx>

Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. (2018) **Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos. Maio, 2018.** Recuperado em 01 dezembro, 2023, de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. (2023) **Acompanhamento de Safra Brasileira de Grãos. Primeiro levantamento safra 2023/2024.** Outubro, 2023. Recuperado em 01 dezembro, 2023, de <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

Delen, N.; Tosun, N. (2004) Fungicidas: mecanismo de ação e resistência. Parte 2: fungicida com modo de ação específicos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas.** Passo Fundo, v. 12, p, 27-90

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA]. (2023) **Soja em números (safra 2022/23). Julho, 2023**. Recuperado em 26 novembro, 2023, de <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>

Farr, DF, Rossman, AY (2019) **Fungal databases: U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA**. Disponível em: [https:// nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/](https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/). Acesso em: 3 fevereiro. 2024.

FRAC, 2018. **Fungicide resistance action committee**. Recuperado em 01 Dezembro, 2023, de https://www.frac.info/docs/default-source/working-groups/qoi-fungicides/qoi-meeting-minutes/minutes-of-the-2018-qoi-wg-meeting-and-recommendations-for-2019-telco-update-june-2019.pdf?sfvrsn=10f3489a_2

FRAC, 2023. **Fungicide resistance action committee**. Recuperado em 01 dezembro, 2023, de https://www.frac.info/docs/default-source/working-groups/sdhi-fungicides/sdhi-meeting-minutes/minutes-of-the-2023-sdhi-meeting-with-recommendations-for-2023-from-17-18th-jan-and-20th-april-and-6th-sept-2023.pdf?sfvrsn=a9814e9a_2

Ghini, R, Kimati H (2002) **Resistência de fungos a fungicida**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente 81p.

Ghini, R. & Kimati, H. (2002). **Resistência de fungos a fungicidas. 2002**. Embrapa. 78 p

Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; Campos, H. D.; Lopes, I. de O. N.; Dias, A. R.; Pimenta, B., C.; Sichoocki, D.; Moreira, E. D.; Konageski, F. T.; Grigolli, J. F. J.; Nunes Junior, J.; Arruda, J. H. Belufi, L. M. de R.; Lima, L. A. de S., Silva, L. H. C. P. da; Goussain Júnior, M. M.; Dias, M. D.; Müller, M. A.; Martins, M. C.; Konageski, T. F.; Carlin,

Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; Campos, H. D.; Lopes, I. de O. N.; Tomen, A.; Dias, A. R.; Schipanski, C. A.; Konagesk, F. T.; Araújo Júnior, I. P.; Bonani, J. C.; Nunes Junior, J.; Sato, L. N.; Lima, L. A. de S.; Garbiate, M. V.; Stefanelo, M. S.; Müller, M. A.; Martins, M. C.; Konageski, T. F.; Carlin, V. J. (2021) **Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na cultura da soja, na safra 2020/2021: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos**. Embrapa Soja-Circular Técnica 176 (IN-FOTECA-E). Junho, 2020. Recuperado em 26 novembro, 2023 de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225887/1/CT-176-OL-1.pdf>

Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; Campos, H. D.; Lopes, I. de O. N.; Tomen, A.; Carvalho, A. G. De; Mochko, A. C. R.; Dias, A. R.; Forcelini, C. A.; Schipanski, C. A.; Chagas, D. F.; Araújo Júnior, I. P.; Galdino, J. V.; Roy, J. M. T.; Ascari, J. P.; Santos, J. dos; Bonani, J. C.; Grigolli, J. F. J.; Kudlawiec, K.; Belufi, L. M. de R.; Silva, L. H. C. P. da; Fantin, L. H.; Sato, L. N.; Stefanelo, M. S.; Goussain Júnior, M. M.; Garbiate, M. V.; Senger, M.; Müller, M. A.; Debortoli, M. P.; Martins, M.

C.; Tormen, N. R. (2023) **Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2022/2023: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Embrapa Soja-Circular Técnica 195 (IN-FOTECA-E). Junho, 2023. Recuperado em 26 novembro, 2023 de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1154837/1/Circ-Tec-195.pdf>

Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; Campos, H. D.; Pimenta, B., C.; Borges, E. P. (2013). **Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na safra 2012/13: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja-Circular Técnica 100 (IN-FOTECA-E).** Outubro, 2013. Recuperado em 26 novembro, 2023 de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/90450/1/CT100.pdf>

Godoy, C. V.; Utiamada, C. M.; Meyer, M. C.; Campos, H. D.; Pimenta, B., C.; Jaccoud Filho, D. S. (2014) **Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na safra 2013/14: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja-Circular Técnica 104 (IN-FOTECA-E).** Agosto, 2014. Recuperado em 26 novembro, 2023 de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107814/1/CT104.pdf>

Godoy, C.V.; Almeida, A. M. R.; Costamilan, L. M.; Meyer, M.; DIAS, W. P.; Seixas, D. S.; Soares, R. M.; Henning, A. A.; Yorinori, J.T.; Ferreira, L. P.; Silva, J. F. V. (2016) Doenças da soja. In: Amorim, L, Rezende, JAM, Bergamin Filho, A, CAMARGO, LEA. (Org.). **Manual de Fitopatologia: v. 2.** Doenças das Plantas Cultivadas. 5. ed. São Paulo: Ceres, p. 657- 675, 2016.

Ito, MF (2005) **Resistência e manejo das principais doenças da cultura da soja. In: Manejo integrado de doenças de grandes culturas - algodão, soja e café.** In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS, 5. 22 a 24 de Novembro/2005. UFLA, Lavras, MG. Palestras... Soja: 1-19. CDROOM

Madden, LV & Paul, PA (2011). Meta-analysis for evidence synthesis in plant pathology: An overview. **Phytopathology** 101:16-30

Mesquini, RM (2012). **Componentes monocíclicos e quantificação de danos no patossistema *Corynespora cassiicola* - soja.** 93f. Dissertação (mestrado). USP - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba.

Miyamoto, T, Ishii, H, Seko, T, Kobori, S, Tomita, Y (2009) Occurrence of *Corynespora cassiicola* isolates resistant to boscalid on cucumber in Ibaraki. Prefecture, Japan. **Plant Pathology**, London, v.58, p.1144-1151.

Miyamoto, T, Ishii, H, Stammler, G, Koch, A, Ogawara, T, Tomita, Y, Fountaine, JM, Ushio, S, Kobori, S (2010) Distribution and molecular characterization of *Corynespora cassiicola* isolates resistant to boscalid. **Plant Pathology**, London, v.59, p.873-881,

Molina, JPE, Paul, PA, Amorim, L, Silva, LHCP, Siqueri, FV, Borges, EP, Campos, HD, Junior, JN, Meyer, MC, Martins, MC, Balardin, RS, Carlin, VJ, Grigolli, FJ, Belufi, LMR, Godoy, CV. (2019) Meta-analysis of fungicide efficacy on soybean target spot and cost-benefit assessment. **Plant Pathology**, v68:1, p94-106.

Ngugi, HK, Esker PD, Scherm H (2011) Meta-analysis to determine the effects of plant disease management measures: review and case studies on soybean and apple. **Phytopathology**, 101(31), 41-95.

Ngugi, HK, Lehman, BL, Madden LV (2011) Multiple treatment meta-analysis of products evaluated for control of fire blight in the eastern United States. **Phytopathology**, 101, 512–22

Paul, PA; Lipps, PE; Hershman, DE; McMullen, MP; Draper, MA; Madden, LV (2008). Efficacy of Triazole-Based Fungicides for Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol Control in Wheat: A Multivariate Meta-Analysis. **Phytopathology**, v. 98, nº 9, p.999-1011

Puia, JD, Hoshino, AT, Shimizu, GD, Moreira, AMS, Vigo, SC, Canteri, MG (2023) Number of lesions, severity and incubation period of isolates of *Corynespora cassiicola* in soybean cultivars. **Ciência Rural**. 53(11).

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>, 2012

Ramos, CM, Pizaia, MG, Caldarelli, CE, Camara, MRG, (2020). **Competitividade e Inserção Da Soja Brasileira No Mercado Internacional**. Revista de Ciências Agrárias. 43, 74-85. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA.19022>

Rodrigues, MAT (2006) **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Faculdade De Ciências Agronômicas. Campus de Botucatu. 249p.

Rosenberg, M. S., Garrett, K. A., Su, Z., and Bowden, R. L. 2004. Metaanalysis in plant pathology: Synthesizing research results. **Phytopathology** 94:1013-1017.

Scherm, H, Thomas, CS, Garret, KA, Olsen, JM (2014) Meta-Analysis and Other Approaches for Synthesizing Structured and Unstructured Data in Plant Pathology. **Annual Review of Phytopathology**, 52, 453-476.

Smith, LJ, Datnoff, LE, Pernezny, KL, Rollins, JA, Schlub, RL (2008) **Phylogenetic analyses of diverse *Corynespora cassiicola* isolates indicate an evolutionary correlation with host not geography**. In: Meeting Abstracts, 9th Eur. Conf. Fungal Genet. Edinburgh

Snow, JP, Berggren, JR (1989) Target spot: In: **Compendium of soybean diseases**. 3. Ed. St Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, 27-28.

Soareas, RM; Godoy, CV, Oliveira, MCN (2009). Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha alvo da soja. **Tropical Plant Pathology**, 34 (5), 333-338.

SUMABAT, L.G., KEMERAIT, R.C., BREWER, M.T. (2018) Phylogenetic Diversity and Host Specialization of *Corynespora cassiicola* Responsible for Emerging Target Spot Disease of Cotton and Other Crops in the Southeastern United States. **Phytopathology**, 108, 892-901.

Sun F., Huo X., Zhai Y., Wang A., Xu J., Su D., Bartlam M., Rao Z. Crystal structure of mitochondrial respiratory membrane protein complex II. **Cell**. 2005; 121:1043–1057.

Teramoto, A (2008) **Caracterização morfológica, fisiológica, isoenzimática e controle de isolados de *Corynespora cassiicola* (Berky & Curt) Wei, agente causal da mancha alvo.** (2008). 81 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Teramoto, A, Machado, TA, Nascimento, LM; Meyer, MC; Cunha, MG (2012) **Reação de cultivares de soja à *Corynespora cassiicola*.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6, 2012, Cuiabá. Resumos... Brasília: Embrapa Soja, p.115.

Teramoto, A, Meyer, MC, Suassuna, ND, Cunha MG (2017) **Sensibilidade de *Corynespora cassiicola* isolado de soja a fungicidas in vitro e controle químico de mancha-alvo da soja no campo.** Summa Phytopathologica, v. 43, n. 4, p. 281-289.

V. J. (2020) **Eficiência de fungicidas para o controle da mancha-alvo, *Corynespora cassiicola*, na cultura da soja, na safra 2019/2020: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos.** Embrapa Soja-Circular Técnica 159 (IN-FOTECA-E). Junho, 2020. Recuperado em 26 novembro, 2023 de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214311/1/Circ-Tec-159-de-2020.pdf>

Viechtbauer, W. (2010) Conducting Meta-Analyses in R with the metaphor Package. **Journal of Statistical Software**, v.36, n.3, p.1-48.

Wei, CT (1950) **Notes on *Corynespora*.** Mycological Papers, v.30, n.34, p.1-10, 1950

Xavier, SA, Canteri, MG, Barros, DCM, Godoy, CV (2013) Sensitivity of *Corynespora cassiicola* from soybean to carbendazim and prothioconazole. **Tropical plant pathology**. 38(5), 431-435.

Xavier, SA, Mello, FA, Silva, HP, Canteri, MG, Koga, LJ, Lopes, ION, GODOY, CV (2021) Microtiter method to monitor *Corynespora cassiicola* and sensitivity of the

pathogen to carbendazim, prothioconazole and pyraclostrobin. **Crop Protection**, 144.

Xiong, L. et al. **Succinate dehydrogenase: an ideal target for fungicide discovery.** In **Maiefisch, P, Stevenson, TM (2015)** Discovery and Synthesis of Crop Protection Products, Washington, DC: ACS Publications, p. 175-194

Yorinori, JT, Paiva, WM (2002) Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow. Londrina: Embrapa Soja. Folder

Zhu J, Li J, Ma D, Gao Y, Cheng J, Mu W, Li B, Liu F. SDH mutations confer complex cross-resistance patterns to SDHIs in *Corynespora cassicola*. **Pestic Biochem Physiol.** 2022 Aug; 186:105157. doi: 10.1016/j.pestbp.2022.105157. Epub 2022 Jun 28. PMID: 35973770.