



**VICTOR LINO CARVALHO DA SILVA**

**EFICÁCIA DO FUNGICIDA AZOXYSTROBINA (100 g/L) +  
BENZOVINDIFLUPIR (50 g/L) NO CONTROLE DA  
FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO**

**LAVRAS - MG**

**2023**

**VICTOR LINO CARVALHO DA SILVA**

**EFICÁCIA DO FUNGICIDA AZOXYSTROBINA (100 g/L) + BENZOVINDIFLUPIR  
(50 g/L) NO CONTROLE DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de  
Lavras como parte das exigências do Curso de  
Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

Orientador

Me. Felipe Douglas Soares Leal

Coorientador

**LAVRAS- MG**

**2023**

**VICTOR LINO CARVALHO DA SILVA**

**EFICÁCIA DO FUNGICIDA AZOXYSTROBINA (100 g/L) + BENZOVINDIFLUPYR (50 g/L) NO CONTROLE DA FERRUGEM E DA CERCOSPORIOSE DO CAFEIEIRO**

**EFFECTIVENESS OF AZOXYSTROBIN (100 g/L) + BENZOVINDIFLUPYR (50 g/L) FUNGICIDE IN THE MANAGEMENT OF RUST AND BROWN EYE SPOT IN COFFEE TREE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 27 de novembro de 2023.

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

Universidade Federal de Lavras - UFLA

Me. Felipe Douglas Soares Leal

Universidade Federal de Lavras - UFLA

Dr. Mário Roberto Nogueira Colares

Centro Universitário de Formiga - UNIFOR

Dr. Luiz Henrique Monteiro Fernandes

Syngenta Proteção de Cultivos LTDA

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

Orientador

Me. Felipe Douglas Soares Leal

Coorientador

**LAVRAS- MG**

**2023**

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVO .....	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3.1 O Cafeeiro .....	10
3.2 Doenças do cafeeiro.....	11
3.2.1 Ferrugem do cafeeiro.....	11
3.2.1 Cercosporiose do cafeeiro .....	13
3.3 Manejo da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro .....	14
3.3.1 Triazol.....	14
3.3.2 Estrobilurina .....	15
3.3.3 Carboxamida.....	15
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	22
6 RESULTADOS .....	23
7 CONCLUSÕES.....	32
8 REFERÊNCIAS .....	33

## Resumo

Alguns fatores podem afetar a produtividade e a qualidade do café, entre eles, encontram-se as doenças, com destaque para a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), responsáveis por causar desfolha prematura, reduzir a qualidade do café e provocar perdas de produtividade. Para controlar essas e outras doenças do cafeeiro, são registrados fungicidas de contato (cúpricos e mancozebe), os mesostêmicos (estrobilurinas) e os sistêmicos (triazóis), podendo ser aplicados na folha separadamente ou em mistura dupla ou tripla. As carboxamidas surgem como alternativa ao triazol, mais especificamente ao epoxiconazol, pois, seu uso já foi proibido na União Europeia e no Brasil, faz parte da lista de ingredientes ativos selecionados para reavaliação toxicologia, em razão da suspeita de alteração dos riscos à saúde humana. Portanto, o objetivo desse trabalho foi verificar a eficácia do fungicida Azoxistrobina + Benzovindiflupir e qual o melhor manejo a ser utilizado no controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro. O experimento foi composto por seis tratamentos e quatro repetições, no delineamento em blocos casualizados. Os tratamentos foram o T1: Testemunha; T2: Azoxistrobina + Ciproconazol (dezembro), Azoxistrobina + Benzovindiflupir (fevereiro e abril); T3: Azoxistrobina + Ciproconazol (dezembro), Azoxistrobina + Benzovindiflupir (fevereiro, março e abril); T4: Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Ochima® (dezembro, fevereiro e abril); T5: Azoxistrobina + Benzovindiflupir (dezembro, fevereiro e abril); T6: (dezembro, fevereiro e abril) e quatro repetições, no delineamento em blocos casualizados. As doenças foram avaliadas por método não destrutivo, ou seja, foram avaliadas seis folhas de cada lado das plantas úteis, totalizando 96 folhas por parcela. As folhas foram avaliadas aleatoriamente no terço médio da planta, entre o terceiro e o quarto par de folhas dos ramos plagiotrópicos, em ambas as faces da planta. Os dados das avaliações foram integralizados em área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) e da cercosporiose (AACPC). Os dados foram submetidos ao teste F da variância ( $p \leq 0,05$ ) e as variáveis qualitativas foram comparadas por Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para a AACPC. Os tratamentos Azoxistrobina + Ciproconazol (dezembro), Azoxistrobina + Benzovindiflupir (fevereiro, março e abril) e Azoxistrobina + Benzovindiflupir (dezembro, fevereiro e abril) foram iguais entre si e promoveram o maior controle da doença, ou seja, 62 e 59% de eficiência, respectivamente, em relação à Testemunha. Já os tratamentos Azoxistrobina + Ciproconazol (dezembro), Azoxistrobina + Benzovindiflupir (fevereiro e abril), Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Ochima (dezembro, fevereiro e abril) e Fluxapiraxade + Piraclostrobin (dezembro, fevereiro e abril) também foram iguais entre si, com 49, 47 e 47% de eficiência, respectivamente, em relação à Testemunha. Também houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para a variável AACPF. O maior valor para AACPF ocorreu na Testemunha (1761,2), diferenciando-se ( $p < 0,05$ ) dos tratamentos com fungicida. Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os fungicidas, com eficiência entre 81 e 84% de controle. Sendo assim, o fungicida Azoxistrobina + Benzovindiflupir foi eficaz no controle da ferrugem do cafeeiro, independentemente do número e época das aplicações. Para a cercosporiose, os melhores resultados foram obtidos com a realização de três aplicações de Azoxistrobina + Benzovindiflupir, precedidas ou não de uma aplicação com Azoxistrobina + Ciproconazol. A adição do adjuvante Ochima não influenciou a eficiência do Azoxistrobina + Benzovindiflupir no controle da ferrugem.

**Palavras-chave:** Cafeicultura; Controle químico de doenças de plantas; Época de aplicação; *Hemileia vastatrix*; *Cercospora coffeicola*.

## Abstract

A number of factors can affect the productivity and quality of coffee, including diseases such as rust (*Hemileia vastatrix*) and brown eye spot (*Cercospora coffeicola*), which are responsible for causing premature defoliation, reducing coffee quality and causing productivity losses. Contact fungicides (cupric and mancozeb), mesostemic fungicides (strobilurins) and systemic fungicides (triazoles) are used to control these and other coffee diseases and can be applied to the leaf separately or in a double or triple mixture. Carboxamides have emerged as an alternative to triazoles, more specifically epoxiconazole, because their use has already been banned in the European Union and in Brazil, they are on the list of active ingredients selected for toxicological re-evaluation, due to the suspicion of altered risks to human health. Therefore, the aim of this work was to verify the efficacy of the fungicide Azoxystrobin + Benzovindiflupyr and the best management to be used to control coffee rust and brown eye spot. The experiment consisted of six treatments and four replications in a randomized block design. The treatments were T1: Control; T2: Azoxystrobin + Cyproconazole (December), Azoxystrobin + Benzovindiflupyr (February and April); T3: Azoxystrobin + Cyproconazole (December), Azoxystrobin + Benzovindiflupyr (February, March and April); T4: Azoxystrobin + Benzovindiflupyr + Ochima (December, February and April); T5: Azoxystrobin + Benzovindiflupyr (December, February and April); T6: (December, February and April) and four replications, in a randomized block design. The diseases were assessed using a non-destructive method, i.e. six leaves were assessed on each side of the useful plants, totaling 96 leaves per plot. The leaves were randomly assessed in the middle third of the plant, between the third and fourth pair of leaves on the plagiotropic branches, on both sides of the plant. The data from the evaluations was integrated into the area under the rust progress curve (AUDPC) and the brown eye spot progress curve (AUDPC). The data was submitted to the F test of variance ( $p \leq 0.05$ ) and the qualitative variables were compared using the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ). There was a significant difference ( $p < 0.05$ ) between the treatments for AUDPC. The treatments Azoxystrobin + Cyproconazole (December), Azoxystrobin + Benzovindiflupyr (February, March and April) and Azoxystrobin + Benzovindiflupyr (December, February and April) were equal to each other and promoted the greatest control of the disease, i.e. 62 and 59% efficiency, respectively, compared to the Control. The treatments Azoxystrobin + Cyproconazole (December), Azoxystrobin + Benzovindiflupyr (February and April), Azoxystrobin + Benzovindiflupyr + Ochima (December, February and April) and Fluxapiraxad + Pyraclostrobin (December, February and April) were also equal to each other, with 49, 47 and 47% efficiency, respectively, compared to the Control. There was also a significant difference ( $p < 0.05$ ) between the treatments for the AUDPC variable. The highest value for AUDPC occurred in the Control (1761.2), differing ( $p < 0.05$ ) from the fungicide treatments. There was no significant difference ( $p < 0.05$ ) between the fungicides, with control efficiency ranging from 81 to 84%. Therefore, the fungicide Azoxystrobin + Benzovindiflupyr was effective in controlling coffee rust, regardless of the number and timing of applications. For brown eye spot, the best results were obtained with three applications of Azoxystrobin + Benzovindiflupyr, preceded or not by one application of Azoxystrobin + Cyproconazole. The addition of the adjuvant Ochima did not influence the efficiency of Azoxystrobin + Benzovindiflupyr in controlling rust.

**Keywords:** Coffee growing; Chemical control of plant diseases; Time of application; *Hemileia vastatrix*; *Cercospora coffeicola*.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café (*Coffea arabica*) do mundo, além disso, o país ocupa o segundo lugar em consumo. No entanto, existem fatores capazes de afetar a produtividade e a qualidade da bebida, gerando consequências negativas para a balança comercial brasileira. Entre esses fatores encontram-se as doenças, com destaque para a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*), responsáveis por causar desfolha prematura, reduzir a qualidade do café e provocar perdas de produtividade (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010; FERNANDES et al., 2013).

Os sintomas iniciais da ferrugem são pequenas manchas circulares cloróticas, com diâmetro entre 1-3 mm, localizadas na face inferior das folhas. Sobre essas manchas surge uma massa amarela alaranjada de aspecto pulverulenta, formada por uredósporos. A epidemia da doença, com taxa exponencial, começa geralmente com as chuvas entre outubro e janeiro. Dependendo do ano e do cenário de mudanças climáticas, tem o pico de incidência, ou seja, a esporulação em folhas, entre maio e julho. Podendo ser deslocado para os meses de agosto e setembro, dependendo das condições climáticas, da produtividade, da nutrição do cafeeiro, do espaçamento e do sistema de podas, entre outros fatores (POZZA, 2021; RESENDE et al., 2021).

A cercosporiose ou mancha-de-olho-pardo pode ser observada nos viveiros e em lavouras em fase de produção e seus sintomas podem ocorrer nas folhas e nos frutos. Nas folhas os sintomas são manchas circulares com centro branco circundado por área marrom a negra, além disso, possuem um halo amarelo. Nos frutos os sintomas são manchas necróticas e deprimidas de coloração escura em diferentes estádios de maturação do fruto. Caso seja em frutos vermelhos, podem ocorrer halos amarelos circundando as lesões. As condições ideais para a sua ocorrência são umidade relativa alta, temperaturas entre 10 e 25°C e excesso de luminosidade (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010; POZZA 2022). O desequilíbrio nutricional e a indisponibilidade de água no solo podem favorecer o aumento da severidade da cercosporiose (POZZA & POZZA 2023).

Para controlar a ferrugem, a cercosporiose e outras doenças do cafeeiro, são registrados fungicidas de contato (cúpricos e mancozebe), os mesostêmicos (estrobilurinas) e os sistêmicos (triazóis), podendo ser aplicados na folha separadamente ou em mistura dupla ou tripla (AZEVEDO PAULA, 2023; GILIOLI, 2023; LEAL et al.,

2023; BARTELEGA, 2022) e mais recentemente foram lançadas as carboxamidas (POZZA, 2022).

Atualmente, misturas de triazóis e estrobilurinas são as mais aplicadas visando um bom controle, no entanto, novas misturas têm sido testadas com boa eficiência. Portanto, misturas duplas e triplas envolvendo triazóis, estrobilurinas e carboxamidas já existem no mercado (MENDONÇA, MATTIELLO, 2018).

Com relação aos triazóis, desde 30 de abril de 2020 o uso da molécula Epoxiconazol deixou de ser aprovado na Europa e foi classificado nas categorias 1B para toxicidade reprodutiva e considerado um desregulador endócrino (EU, 2019). Nos Estados Unidos não há registro de produtos à base de Epoxiconazol, no entanto, a exposição a essa molécula pode ocorrer por meio do consumo de alimentos importados, como por exemplo o café e a banana (USEPA, 2006). Logo, as exigências sobre o uso desse triazol nos cafés brasileiros a serem importados podem se tornar mais criteriosas.

No Brasil, o Epoxiconazol é aprovado para aplicação foliar nas culturas do algodão, amendoim, arroz, aveia, banana, cacau, café, cana-de-açúcar, cevada, feijão, girassol, mandioca, milho, soja, sorgo e trigo, ou seja, o Epoxiconazol é muito importante para o manejo de diversas doenças dos principais cultivos brasileiros. Apesar disso, o Epoxiconazol faz parte lista de ingredientes ativos selecionados para reavaliação para os próximos anos, devido à preocupação em relação aos seguintes aspectos toxicológicos: desregulação endócrina, carcinogenicidade e toxicidade reprodutiva (fertilidade e desenvolvimento). Com tudo isso, as carboxamidas podem ser uma alternativa ao emprego de triazóis na cafeicultura, mediante alguma restrição ou proibição de uso no Brasil.

## **2 OBJETIVO**

O presente trabalho tem o objetivo de verificar e avaliar a eficiência do fungicida Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir ou Solatenol (50 g/L) no controle da ferrugem e da cercosporiose, qual o melhor programa de aplicação para o mesmo e se o produto pode ser aplicado em conjunto ao adjuvante Ochima, além de avaliar a produtividade do cafeeiro.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O Cafeeiro

O cafeeiro (*Coffea* sp.) pertence à família *Rubiaceae* e tem sua origem sendo citada por alguns como proveniente de terras altas da Etiópia, se espalhando rapidamente pela Europa e Egito por volta do século XVI (ABIC, 2021). Já no Brasil, a cultura chegou em 1727 no estado do Pará, atingindo somente no século XIX uma produção em escala comercial para exportação (PINTO, 2023). Em 1779, o café brasileiro ganhou reconhecimento internacional pela primeira vez. Após a crise, com crescimento econômico difícil e exportações lentas, o chamado "ciclo do café" teve início na década de 1830, quando o café dominou a pauta exportadora e passou a ser responsável pela recomposição das receitas de exportação, constituindo-se em um setor econômico dinâmico que mobilizou fatores de produção e geração de receita (MIGUEL, 2017).

O Brasil é o seu maior produtor e exportador de café do mundo e as principais espécies cultivadas no Brasil, atualmente, são a *Coffea arabica* L. (arábica) e a *Coffea canephora* (conilon), essas duas variedades são responsáveis por 2,24 milhões de hectares plantados, tendo o café arábica uma produção de 38.161,8 sacas com uma produtividade de 25,7 scs/ha, enquanto o conilon registrou uma produção de 16.198,8 mil toneladas, que garantiram uma produtividade de 41,7 scs/ha (CONAB, 2023). Com relação ao consumo, o Brasil fica em segundo lugar, atrás apenas da Europa (CONAB, 2022; ICO, 2022).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de café do Brasil, respondendo por cerca de 54% da produção nacional, em sua maior parte, as lavouras de café são formadas por *C. arabica*, cultivado em quatro áreas produtoras: Sul de Minas, Cerrado de Minas, Chapada de Minas e Matas de Minas, que exportam café pelos portos de Santos, Rio de Janeiro e Vitória (ABIC, 2021). Com destaque para a região sul do estado por possuir condições edafoclimáticas favoráveis à produção de café. Nesse sentido, a altitude elevada e temperatura média anual são propícias para a produção de cafés de alta qualidade. Para a safra mineira de 2023 estima-se colher 28 milhões de sacas, um aumento de 28% em comparação ao volume total colhido na safra anterior, justificado pelo aumento da área em 6,5%, pelo ganho na produtividade de 21% e, principalmente, pelas melhores condições das lavouras após as condições de clima adversas das últimas safras (CONAB, 2023).

Com relação às condições climáticas, a estação chuvosa em 2022 se iniciou em setembro e, com exceção do norte do estado de Minas Gerais, perdurou até março de 2023 oscilando em volume de intensidade, entre dezembro de 2022 e janeiro de 2023 os volumes de chuva foram elevados, permitindo um bom armazenamento hídrico nos solos, que coincidiu com a formação e o desenvolvimento dos frutos nas fases de expansão e granação, garantindo grãos maiores e mais pesados em comparação com a última safra; no entanto, maiores cuidados com controle de pragas e doenças se fazem necessários por conta das condições favoráveis para os mesmos (CONAB, 2023).

Segundo Silva et al., (2015), a rentabilidade da atividade cafeeira provém de duas fontes, a primeira diz respeito ao investimento em tecnologias como estratégia para aumentar a produtividade e, a segunda, está relacionada à qualidade final do produto. Logo, o fornecimento contínuo de cafés de alta qualidade pode enfrentar alguns desafios, como por exemplo, a falta de conhecimento sobre as interações do cafeeiro com o ambiente que podem favorecer a produção de café de qualidade elevada (SILVA et al., 2015).

Como exemplo dessas interações, destacam-se as doenças fúngicas do cafeeiro. Como principais doenças do cafeeiro, encontram-se a ferrugem e a cercosporiose, essas doenças causam a desfolha prematura das plantas, perdas na qualidade da bebida e queda drástica na produtividade da lavoura (POZZA; CARVALHO; CHALFOUN, 2010; FERNANDES et al., 2013).

## **3.2 Doenças do cafeeiro**

### **3.2.1 Ferrugem do cafeeiro**

A ferrugem do cafeeiro, cujo agente etiológico é o fungo *Hemileia vastatrix* (Berkeley & Broome), um fungo da classe dos Basidiomicetos, da família Pucciniaceae, além disso, é um fungo biotrófico que sobrevive somente em tecidos vivos. A ferrugem do cafeeiro teve seu primeiro relato no Brasil em 1970 no sul da Bahia (CHAVES et al., 1970). A disseminação da ferrugem foi rápida, pois, em 1971 a sua ocorrência já era relatada em São Paulo e no Paraná (POZZA, 2021). Hoje a ferrugem ocorre em todos os estados produtores no Brasil, sendo a principal doença da cultura, uma vez que em plantas susceptíveis e sem pulverização as perdas podem chegar a 90% com desfolha superior a 70% e queda na longevidade das plantas de café (POZZA, 2021).

As condições ambientais que favorecem o patógeno variam conforme as diferentes fases da sua vida. A principal fase é durante a germinação, crescimento do tubo germinativo e penetração de *H. vastatrix* (POZZA, 2021). Para a ocorrência da germinação é necessária baixa luminosidade ou ausência de luz, temperaturas que variam de 21°C a 25°C e molhamento foliar por 3 a 6 horas, porém se há ocorrência do molhamento foliar entre 24 e 48h ocorre o aumento da eficiência e a porcentagem da germinação dos uredósporos. Na parte da noite até 8h da manhã é o melhor horário de infecção do patógeno. No campo essa condição de baixa luminosidade está presente em lavouras estabelecidas para locais sombreados (POZZA, 2021).

Os sintomas iniciais da ferrugem são pequenas manchas circulares cloróticas, com diâmetro entre 1-3 mm, localizadas na face inferior das folhas. Sobre essas manchas surge uma massa amarela alaranjada de aspecto pulverulenta, formada por uredósporos ou esporos, a partir dos estômatos (POZZA, 2021). Os esporos são produzidos em folhas infectadas, onde cada pústula produz por volta de 150.000 uredósporos, que podem sobreviver em condições de seca por um período de seis semanas. Sua disseminação ocorre pelo vento, gotas de chuvas, escorrimento de água pelas margens do limbo para a superfície inferior, por insetos, animais e até por meio de tratos culturais entre talhões, garantindo a disseminação a longas distâncias (POZZA, 2021). Após a disseminação, é necessária temperatura na faixa de 21-25°C e muita umidade ou água livre para que estes uredósporos que caíram na face inferior das folhas germinem. Os tubos germinativos formam apressórios próximos aos estômatos por meio de ramificações, posteriormente, ocorre a penetração da hifa de infecção na cavidade subestomatal, iniciando o processo de colonização intracelular com os haustórios, que garantem a nutrição do patógeno. O período de infecção se inicia nos meses de novembro a dezembro e vai até maio, podendo variar de acordo com as condições climáticas (POZZA, 2021; ALFONSI et al., 2019).

A desfolha prematura é o principal dano da doença, decorrente da alta produção de etileno. A desfolha favorece a seca dos ramos laterais e gradualmente ocorre a deformação das plantas e aparecimento de ramos ladrões. Além disso, a desfolha acentua o esgotamento dos carboidratos de reserva da planta, culminando em uma seca de ponteiros e morte de raízes, reduzindo a longevidade da lavoura e um declínio na produção tanto no mesmo ano, quanto nos subsequentes (POZZA, 2021).

### 3.2.1 Cercosporiose do cafeeiro

Com relação à cercosporiose ou mancha-de-olho-pardo, ela foi descrita em 1881, porém, no Brasil foi tratada durante muito tempo como uma doença secundária e atualmente está presente de forma endêmica em quase todas as regiões que apresentam condições favoráveis. A doença é causada pelo agente etiológico *Cercospora coffeicola* (Berkeley & Cooke), um fungo necrotrófico pertencente ao filo dos ascomicetos (Capnodiales, Mycosphaerellaceae). São capazes de esporular, formando esporodóquios nos frutos e no limbo foliar.

A ocorrência da doença é favorecida pela alta umidade relativa e temperatura. Sabe-se que a partir de seis horas de molhamento foliar a intensidade da cercosporiose aumenta, sendo as maiores intensidades observadas entre 21 °C e 25°C (POZZA, 2021). Com 72 horas de molhamento a incidência é superior à 20%, com temperaturas variando de 17 a 28°C (SILVA et al., 2016).

Os sintomas da doença ocorrem nas folhas e frutos, tanto no viveiro quanto no campo, seja em fase de formação ou em produção. Nas folhas aparecem manchas circulares de coloração castanha em tons claros e escuros, na maioria das vezes envolvidas por um halo amarelado e com centro branco-acinzentado, já os frutos apresentam manchas de coloração marrom e negra, necróticas e deprimidas no sentido dos polos do fruto, a necrose se dá pelo fato de a casca se aderir ao fruto progredindo a um aspecto mumificado, em folhas infectadas a produção de etileno é intensificada causando abortamento de flores e frutos. Os primeiros sintomas da doença costumam ser observados na face da planta com maior incidência solar por conta de uma toxina produzida pelo fungo, denominada cercosporina (POZZA, 2021).

O desequilíbrio nutricional é um fator de grande influência no progresso de doenças no cafeeiro. Sabe-se que a cercosporiose é uma doença indicadora de desbalanço nutricional, principalmente entre o Ca e o K (POZZA, 2021). De acordo com trabalho de Garcia Junior et al. (2003), o aumento das doses de Ca reduziu a área abaixo da curva de progresso da incidência da cercosporiose em solução nutritiva.

Altas doses de K e baixas doses de N, na ausência de Ca aumentou a severidade da cercosporiose e o percentual de desfolha. Com o aumento da dose de N de 3 para 11 mmol/L reduziu a área abaixo da curva de progresso da cercosporiose em 40%. Para as doses de K o efeito foi o inverso, pois, na falta de Ca a parede celular ficará menos espessa e rígida, favorecendo então a penetração do fungo (POZZA et al., 2002). Em outro estudo,

Pozza (1999) avaliou a intensidade da doença em café sob diferentes doses de potássio e nitrogênio, evidenciando que maiores doses de potássio aumentaram o progresso total de lesões e lesões por folha pelo fato de o excesso deste nutriente culminar na deficiência do cálcio, favorecendo a entrada do patógeno na planta pela parede celular (PÉREZ et al., 2017). Há também a relação de micronutrientes com a incidência e severidade da doença no cafeeiro, Pozza (2001) avaliou o efeito do silício na intensidade da cercosporiose e na nutrição mineral de mudas do cafeeiro e redução na área abaixo da curva de progresso do número de lesões por folha (AACPNLF), redução linear nos teores foliares de magnésio e fósforo e aumento nos teores de enxofre e cobre.

### **3.3 Manejo da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro**

#### **3.3.1 Triazol**

Os triazóis atuam como inibidores da demetilação (DMI) durante a formação do ergosterol. Os fungicidas DMI inibem a biossíntese de ergosterol, sendo essa molécula, presente na membrana plasmática, um importante componente para o crescimento fúngico (PINHEIRO, 2021). Os triazóis são fungicidas orgânicos e de ação sistêmica, pois, são absorvidos no local de aplicação e translocado através dos tecidos e vasos da planta. Essa absorção ocorre pelas raízes ou via cutícula foliar, já dentro da planta o seu movimento é acropetal, da base em direção ao ápice via células parenquimáticas até atingir o xilema (AZEVEDO PAULA, 2023).

Os triazóis ainda possuem fungitoxidade elevada, assim como seu efeito residual, sua ação protetora se faz pela sua ação tóxica sobre a germinação de esporos, sobre a forma de tubo germinativo e na formação de apressório. Na ação curativa, a presença do fungicida inibe o desenvolvimento do haustório e/ou o crescimento micelial, no interior dos tecidos do hospedeiro (AZEVEDO PAULA, 2023, GILIOLI, 2023, VILELA, 2020). As principais moléculas do grupo dos triazóis utilizadas na cafeicultura são o cyproconazol, o difenoconazol, o propiconazol, o tebuconazol e o tetraconazol (RODRIGUES, 2006). De acordo com Azevedo Paula (2023), o que garante o sucesso do emprego de fungicidas triazóis está relacionado ao seu amplo espectro e eficácia no controle de diversos fitopatógenos e baixa toxicidade aos mamíferos.

### 3.3.2 Estrobilurina

O grupo químico das estrobilurinas são compostos extraídos, a princípio, do fungo *Strobilurus tenacellus*, sendo então identificada a primeira substância do grupo, as estrobilurinas A e B. Teve sua comercialização como fungicida liberada em 1966, e até os dias atuais é amplamente utilizado de forma isolada ou em mistura com triazóis (RODRIGUES, 2006).

As estrobilurinas são moléculas mesostêmicas de sítio específico e atuam na cadeia respiratória, no Complexo III, inibindo a respiração mitocondrial, bloqueando a transferência de elétrons entre o citocromo b e o c1, no sítio Qo dentro do ciclo da Coenzima Quinol (CoQ), interferindo na formação de ATP, energia vital para o crescimento dos fungos (RODRIGUES, 2006). Por suas características de penetração mais lenta na cutícula e menor sistemicidade na dose letal via xilema, atuam principalmente de forma preventiva, na germinação de esporos e no seu tubo germinativo (AZEVEDO PAULA, 2023). Porém também têm ação curativa, inibindo o crescimento e o desenvolvimento do fungo nos estádios iniciais (BARBOSA JUNIOR, 2018).

As principais moléculas do grupo das estrobilurinas existentes no mercado são a azoxistrobina, a piraclostrobrina, a picoxistrobina, a metominostrobrina, o cresoximmetílico e a trifloxistrobrina. Essas podem ser encontradas em fungicidas com ativo único ou em mistura com outros grupos químicos (BALARDIN, 2022).

### 3.3.3 Carboxamida

As carboxamidas atuam nas mitocôndrias, no complexo II, mais especificamente no ciclo de Krebs, na matriz mitocondrial, como inibidores da enzima succinato desidrogenase (SDHI), impedindo a oxidação do succinato a fumarato, em consequência não ocorre a formação de ATP, necessário para manutenção e desenvolvimento do fitopatógeno (FRAC, 2014).

Devido ao seu modo e local de ação únicos, eles não apresentam resistência cruzada com outros grupos químicos, como estrobilurinas, benzimidazóis ou anilino pirimidinas, portanto, são excelentes candidatos para evitar a seleção direcional de patógenos com resistência a essas moléculas e assim otimizar o controle de doenças (AVENOT et al., 2007).

A presença de lipofilicidade de alguns ativos das carboxamidas os torna produtos de elevada mobilidade através da camada de cera e das membras. Após a aplicação e

deposição dos fungicidas nos tecidos da planta, sua mobilização ocorre através de transporte acropetal (xilema), de forma translaminar, do qual, também, se acumula na face inversa da folha e mesostêmico (episistêmico e translaminar). Os fungicidas desse grupo podem ter efeito erradicante, protetor e curativo (LYR, 1995). No entanto, assim como o grupo químico dos triazóis, devido à especificidade do seu modo de ação, o uso frequente e generalizado dessas moléculas pode potencialmente causar a seleção de populações resistentes no campo (AVENOT; MICHAILIDES, 2010). É fungicida sistêmico, também com redistribuição translaminar desenvolvido para o controle de oídios, *Alternaria* spp., *Botrytis* spp. e *Monilia* spp. em grande variedade de frutíferas e olerícolas (EHR; KEMMITT, 2002; TOMLIN, 2002). Inibindo principalmente a germinação dos conídios, o crescimento do tubo germinativo, a formação do apressório e do tubo ou ‘peg’ de penetração na epiderme, apresentando efeito sobre o crescimento micelial e produção de esporos (RODRIGUES, 2006).

As principais moléculas do grupo das carboxamidas existentes no mercado são bixafen, flutolanil, fluxapiróxade, penflufen e pidiflumetofen. Dentre elas, o fluxapiróxade é o principal ingrediente ativo do grupo (AGROFIT, 2023).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Campo Experimental

O experimento foi instalado no município de Lavras-MG (Fazenda Limeira – 21°15'31,8''S 44°55'17,7'' W; altitude de 930 m) no dia 15 de dezembro de 2021 (Figura 1). Lavoura formada por cultivares do grupo Mundo Novo, com 2968 plantas por hectare, espaçados a 3,6 metros entre linhas e 0,7 metros entre plantas. O manejo de plantas daninhas foi realizado conforme o nível de controle. A fertilidade do solo e a nutrição das plantas foram manejados com base nos resultados da análise química do solo e na observação de sintomas foliares das plantas do talhão, seguindo os padrões da recomendação para a cultura no estado de Minas Gerais.

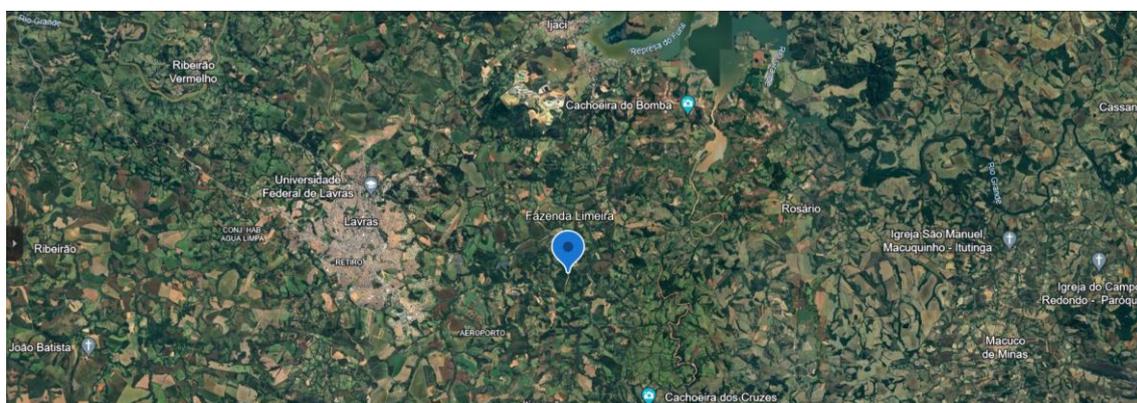


Figura 1 – Local de execução do experimento. Fazenda Limeira, Lavras, MG

Fonte: Google Earth

### 4.2 Delineamento Experimental

O experimento foi composto por seis tratamentos e quatro repetições, no delineamento em blocos casualizados (Tabela 1). Todos os tratamentos foram aplicados inicialmente em dezembro de 2021 e as demais aplicações variou de acordo com o tratamento empregado. Para o T2 foram realizadas três aplicações com intervalo de 60 dias, para o T3 a segunda aplicação ocorreu 60 dias após a primeira, a terceira 30 dias após a segunda e a quarta 30 dias após a terceira. No T4, T5 e T6 as aplicações foram realizadas com intervalo de 60 dias, totalizando três aplicações (Tabela 1).

Tabela 1 - Tratamentos implantados. UFLA, Lavras-MG, 2021/2022.

Tratamento	Produtos	Ingrediente ativo	Dose (L ou kg/ha)	Adjuvante (Dose L/ha ou %)	Aplicações
T1	Testemunha	---	---	---	---
T2	Priori Xtra SC®	Ciproconazol + Azoxistrobina	0,75	Ochima® (0,4)	Dez
	Invict 150 EC®	Benzovindiflupir + Azoxistrobina	0,90	---	Fev
	Invict 150 EC®				Abr
T3	Priori Xtra SC®	Ciproconazol + Azoxistrobina	0,75	Ochima® (0,4)	Dez
	Invict 150 EC®	Benzovindiflupir + Azoxistrobina	0,90	---	Fev
	Invict 150 EC®				Mar
	Invict 150 EC				Abr
T4	Invict 150 EC®	Benzovindiflupir + Azoxistrobina	0,90	Ochima® (0,4)	Dez
	Invict 150 EC®				Fev
	Invict 150 EC®				Abr
T5	Invict 150 EC®	Benzovindiflupir + Azoxistrobina	0,90	---	Dez
	Invict 150 EC®				Fev
	Invict 150 EC®				Abr
T6	Orkestra EC®	Fluxapiraxade + Piraclostrobin	0,60	Mees® (1,0)	Dez
	Orkestra EC®				Fev
	Orkestra EC®				Abr

Sendo assim, foi considerado um bloco por linha de plantio da lavoura (Figura 2). As parcelas foram compostas por dez plantas, sendo que a parcela útil foi composta pelas oito plantas centrais.

<u>6</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	Bloco A
<u>3</u>	<u>1</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>2</u>	<u>6</u>	Bloco B
<u>5</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>6</u>	<u>1</u>	<u>4</u>	Bloco C
<u>3</u>	<u>6</u>	<u>1</u>	<u>4</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	Bloco D

Figura 2 - Croqui do experimento. \*Tratamentos.

### 4.3 Aplicação dos Tratamentos

Os tratamentos foram aplicados em ambas as faces das parcelas uteis por meio de um atomizador costal motorizado STIHL® modelo SR 430, com vazão de 400 L/ha, seguindo o calendário de pulverizações de cada tratamento (Figura 2 e Tabela 2).

Tabela 2 - Cronograma e condições climáticas para os dias de pulverização do experimento. UFLA, Lavras - MG, 2021/2022.

Pulverizações		Condições ambientais				
Data	Tratamentos	T min (°C)	T méd (°C)	T máx (°C)	UR (%)	CHUVA (mm)
14/12/2022	T2, T3, T4, T5, T6	20,0	23,4	28,4	83,3	0,0
19/02/2022	T2, T3, T4, T5, T6	18,0	21,7	26,8	83	0,0
23/03/2022	T3	20,3	24,4	30,0	76,5	0,0
19/04/2022	T2, T3, T4, T5, T6	16,3	21,1	28,6	63,5	0,0

### 4.4 Variáveis analisadas

#### 4.4.1 Ferrugem e Cercosporiose do cafeeiro

De cada lado das linhas, foram avaliadas seis folhas das plantas úteis, somando 96 folhas por parcela. As folhas do terço médio da planta foram escolhidas aleatoriamente e avaliadas por método não destrutivo em ambos os lados da linha de plantio. As incidências das doenças foram obtidas por meio da fórmula de Campbell & Madden (1990).

$$I(\%) = \left( \frac{NFD}{NTF} \right) * 100$$

No qual:

I (%) = incidência da doença;

NFD = número de folhas doentes;

NTF = número total de folhas amostradas.

#### 4.4.2 Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença

As avaliações geraram dados que foram integralizados em área abaixo da curva de progresso da ferrugem (AACPF) e da cercosporiose (AACPC), embasadas na fórmula proposta por Shaner & Finney (1977).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} * (T_{i-1} - T_i)$$

Onde:

AACPD= área abaixo da curva de progresso da doença;

$Y_i$ = proporção da doença na  $i$ -ésima observação;

$T_i$ = tempo em dias na  $i$ -ésima observação;

$n$ = número total de observações.

#### 4.4.5 Eficácia

A eficácia dos tratamentos foi calculada, em comparação às testemunhas, por meio da equação de Abbott (1925).

$$E\% = \left( \frac{n \text{ Testemunha} - n \text{ Tratamento}}{n \text{ Testemunha}} \right) \times 100$$

No qual:  $n$ = Incidência da doença

#### 4.4.6 Avaliação do Enfolhamento

Concomitantemente as avaliações das doenças, foram feitas as avaliações do enfolhamento das parcelas úteis, recebendo uma nota de 1 a 5, de acordo com a porcentagem de enfolhamento das mesmas, sendo 1 (0 a 20% de enfolhamento), 2 (21 a 40%), 3 (41 a 60%), 4 (61 a 80%) e 5 (81 a 100%) seguindo a escala de Boldini (2000). Os dados foram transformados em porcentagem posteriormente.

#### 4.4.7 Avaliação de Produtividade

A colheita foi feita de forma manual sobre pano, se estendendo entre os meses de junho e julho de 2022, sendo colhidas quatro plantas por parcela. A partir do volume em

litros de café obtido, foi estimada a quantidade de sacas de 60 kg/ha de café beneficiado, conforme a fórmula a seguir (BARBOSA JÚNIOR et al., 2019):

$$P = QLP \times \frac{NP}{500}$$

P= Produtividade em sacas de 60 Kg ha<sup>-1</sup>;

QLP= Quantidade de litros por plantas;

NP= Número de plantas por hectare.

#### **4.4.8 Variáveis climáticas**

Por meio da estação meteorológica localizada na Universidade Federal de Lavras, foram coletados os dados climáticos diários médios, da precipitação acumulada, umidade relativa e da temperatura máxima, média e mínima.

## 5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As variáveis analisadas foram submetidas aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ( $p > 0,05$ ) para verificar os pressupostos da análise de variância. Como os pressupostos foram atendidos, os dados foram submetidos ao teste F da variância ( $p \leq 0,05$ ) e quando significativo, as variáveis qualitativas foram comparadas por teste de agrupamento de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas no software R v.4.0.2 (R Development Core Team, 2020).

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Condições ambientais

As condições ambientais foram favoráveis à ocorrência das doenças no campo. Nos meses de avaliação do experimento, os valores médios da temperatura, umidade relativa e a precipitação acumulada foram próximos de 21°C, 80% e 260 mm, respectivamente (Figura 3, A e B).

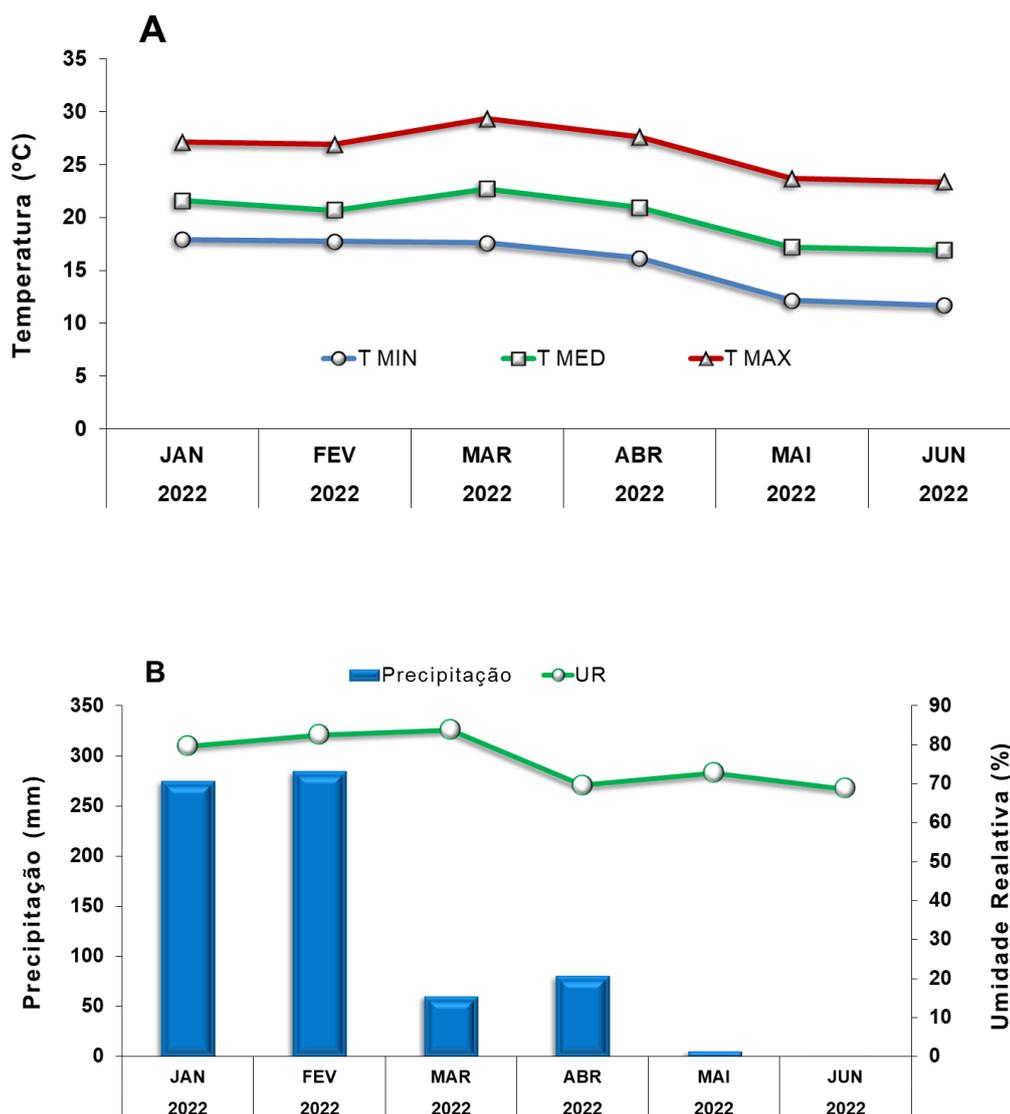


Figura 3 - (A) Temperatura máxima (T MAX), mínima (T MIN) e média (T MED), (B) umidade relativa (UR) e precipitação acumulada no período de Janeiro a Junho do ano de 2022.

## 6.2 Ferrugem do cafeeiro

### 6.2.1 Incidência e Área Abaixo da Curva de Progresso da Ferrugem

A doença ocorreu em todo o período de avaliação do experimento. A maior incidência da ferrugem ocorreu na Testemunha, em 19-02 e 08-06 de 2022, com 15,1 e 19,8%, respectivamente (Figura 4, Tabela 3).

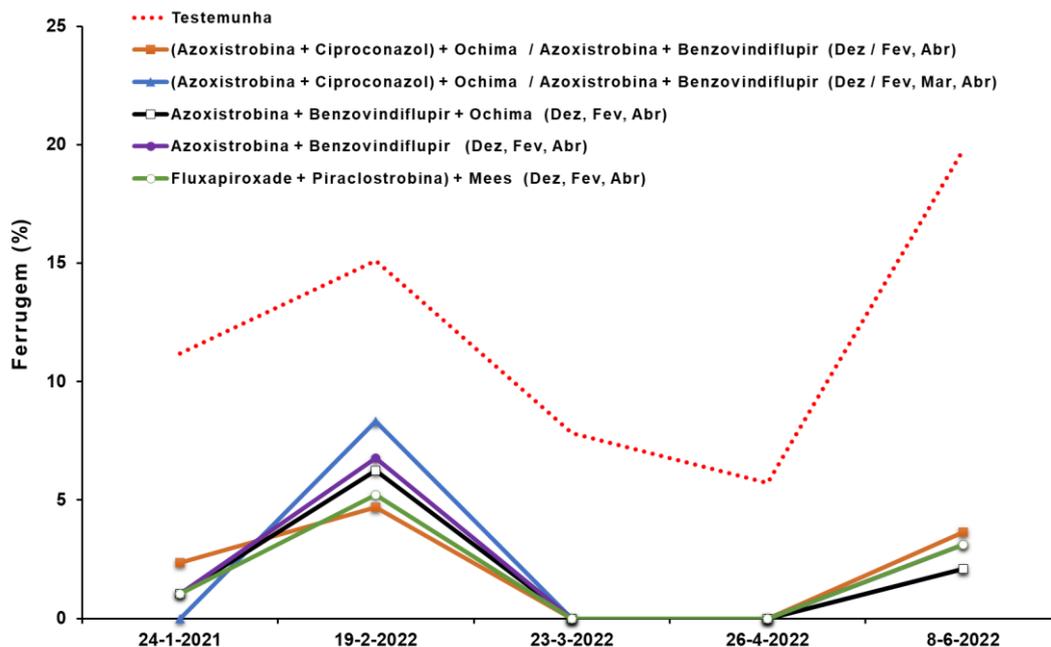


Figura 4 - Curva de progresso da incidência da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), nas diferentes datas de avaliação, em função dos fungicidas aplicados e a época de pulverização. UFLA, Lavras-MG, 2023.

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos em relação a testemunha para as datas de avaliação. Na primeira avaliação, em 24/01/22, a maior incidência ocorreu na Testemunha (11,2%), diferenciando-se dos tratamentos com fungicida. De mesmo modo ocorreu nas avaliações seguintes, ou seja, os maiores valores de incidência foram observados na Testemunha, com 15,1, 7,8, 5,7 e 19,8%, respectivamente. Além disso, não houve diferença significativa entre os tratamentos onde foram feitas as aplicações dos fungicidas (Tabela 3).

Também houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para a variável AACPF. O maior valor para AACPF ocorreu na Testemunha (1761,2),

diferenciando-se ( $p < 0,05$ ) dos tratamentos com fungicida. Portanto, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os fungicidas, com eficiência entre 81 e 84% de controle (Tabela 3).

Tabela 3 - Incidência (%) da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) nas diferentes datas de avaliação e a AACPF em função dos diferentes tratamentos. UFLA, Lavras-MG, 2021/2022.

	Tratamento	Incidência (%)					AACPF <sup>1</sup>	E (%) <sup>2</sup>
		24 jan	19 fev	23 mar	26 abr	08 jun		
T1	Testemunha	11,2 b	15,1 b	7,8 b	5,7 b	19,8 b	1761,2 b	---
T2	Azoxistrobina + Ciproconazol + Ochima® (Dez) Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Fev, Abr)	2,3 a	4,7 a	0,0 a	0,0 a	3,6 a	317,4 a	82
T3	Azoxistrobina + Ciproconazol + Ochima® (Dez) Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Fev, Mar, Abr)	0,0 a	8,3 a	0,0 a	0,0 a	2,1 a	324,0 a	82
T4	Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Ochima® (Dez, Fev, Abr)	1,0 a	6,3 a	0,0 a	0,0 a	2,1 a	290,6 a	83
T5	Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Dez, Fev, Abr)	1,0 a	6,8 a	0,0 a	0,0 a	3,1 a	330,5 a	81
T6	Fluxapiraxade + Piraclostrobina + Mees® (Dez, Fev, Abr)	1,0 a	5,2 a	0,0 a	0,0 a	3,1 a	278,1 a	84
	CV (%)	37,7	27,7	32,7	44,5	34,8	13,7	

\*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ); <sup>1</sup>AACPF – Área Abaixo da Curva de Progresso da Ferrugem; <sup>2</sup>E (%) – Porcentagem de Eficácia de Abbott.

## 6.3 Cercosporiose do cafeeiro

### 6.3.1 Incidência e Área Abaixo da Curva de Progresso da Cercosporiose

A cercosporiose ocorreu em todo o período de avaliação do experimento. Os maiores valores de incidência foram observados na Testemunha, atingindo o valor máximo de 13,5% em 26-04-2022 (Figura 5).

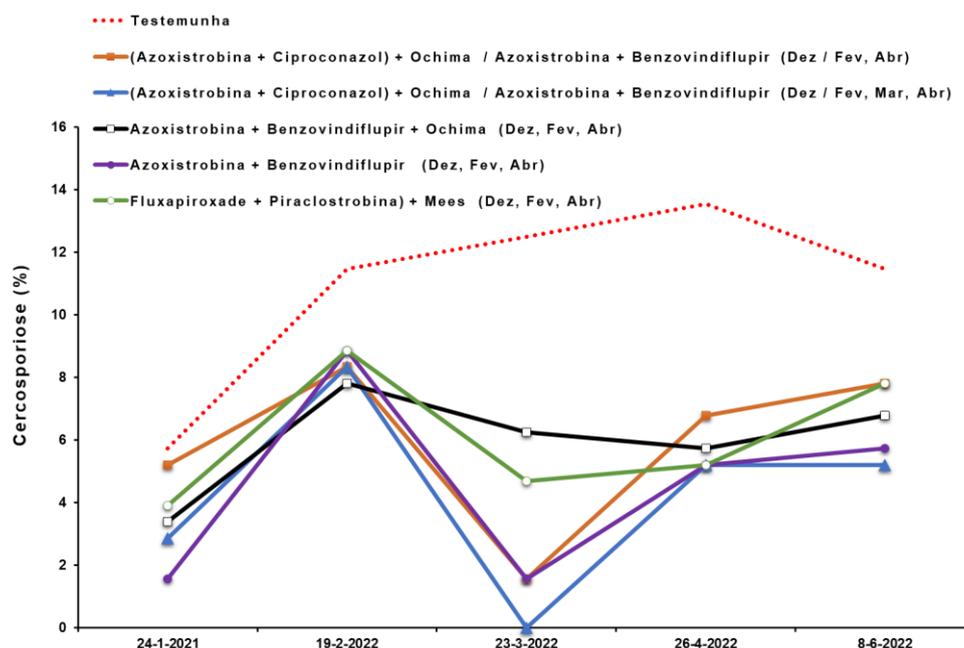


Figura 5- Curva de progresso da incidência da cercosporiose do cafeeiro (*Cercospora coffeicola*), nas diferentes datas de avaliação, em função dos fungicidas aplicados e a época de pulverização. UFLA, Lavras-MG, 2023.

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para as datas de avaliação. Na primeira avaliação, em 24-01-22, o tratamento T2 não diferiu da Testemunha, a incidência da cercosporiose foi de 5,2 e 5,7% de incidência, respectivamente (Tabela 4). Na segunda avaliação, em 19-02-22, todos os tratamentos foram iguais entre si e superiores à Testemunha, ou seja, a maior incidência ocorreu na Testemunha, com 11,5%. Em 23-03-22, a maior incidência foi observada na Testemunha (12,5%), diferenciando-se dos tratamentos. Os tratamentos T2 e T5 foram iguais entre si, com 1,6% de incidência em ambos, sendo superiores à Testemunha. Os tratamentos T4 e T6 foram diferentes entre si, com 6,3 e 4,7% de incidência, respectivamente. Não foi

observada a incidência da doença no tratamento T3, ou seja, esse foi o mais eficiente em controlar a cercosporiose para essa data de avaliação (Tabela 4).

Tabela 4 - Incidência (%) da cercosporiose do cafeeiro (*Cercospora coffeicola*) nas diferentes datas de avaliação e a AACPC em função dos diferentes tratamentos. UFLA, Lavras-MG, 2021/2022.

Tratamento	Incidência (%)					AACPC <sup>1</sup>	E (%) <sup>2</sup>
	24 jan	19 fev	23 mar	26 abr	08 jun		
T1 Testemunha	5,7 c	11,5 b	12,5 e	13,5 b	11,5 c	1660,9 c	
T2 Azoxistrobina + Ciproconazol + Ochima (Dez)	5,2 c	8,3 a	1,6 b	6,8 a	7,8 b	853,6 b	49
T2 Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Fev, Abr)							
T3 Azoxistrobina + Ciproconazol + Ochima (Dez)	2,9 b	8,3 a	0,0 a	5,2 a	5,2 a	627,3 a	62
T3 Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Fev, Mar, Abr)							
T4 Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Ochima (Dez, Fev, Abr)	3,4 b	7,8 a	6,3 d	5,7 a	6,8 b	887,8 b	47
T5 Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Dez, Fev, Abr)	1,6 a	8,9 a	1,6 b	5,2 a	5,7 a	673,7 a	59
T6 Fluxaproxade + Piraclostrobina + Mees ® (Dez, Fev, Abr)	3,9 b	8,9 a	4,7 c	5,2 a	7,8 b	881,8 b	47
CV (%)	25,1	14,5	14,7	17,6	15,8	8,8	

\*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ); <sup>1</sup>AACPC – Área Abaixo da Curva de Progresso da Cercosporiose; <sup>2</sup>E (%) – Porcentagem de Eficácia de Abbott.

Na penúltima avaliação (26-04-22), a maior incidência ocorreu na Testemunha, com 13,5%. Dessa forma, todos os tratamentos foram iguais entre si e eficazes no controle da doença, sendo assim, a incidência variou entre 5,2 e 6,8%. Na última avaliação, em 08-06-22, todos os tratamentos foram eficazes no controle da doença, diferenciando-se da Testemunha. Por sua vez, os tratamentos T3 e T5 foram iguais entre si e a incidência

observada foi de 5,2 e 5,7%, respectivamente, portanto, esses, promoveram o maior controle da doença (Tabela 4).

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para a AACPC. Os tratamentos T3 e T5, com o Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L), sem adição de adjuvante, foram iguais entre si e promoveram o maior controle da doença, ou seja, 62 e 59% de eficiência, respectivamente, em relação à Testemunha. Já os tratamentos T2, T4 e T6 também foram iguais entre si, com 49, 47 e 47% de eficiência, respectivamente, em relação à Testemunha (Tabela 4).

### 5.3 Enfolhamento

Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o enfolhamento do cafeeiro a partir 19/02/22, ou seja, da segunda avaliação. A partir dessa data, todos os tratamentos foram iguais entre si e superiores à Testemunha, ou seja, proporcionaram os maiores índices, 80% de enfolhamento. O mesmo comportamento foi observado para a variável AACPE, portanto, os fungicidas garantiram maior enfolhamento às plantas, cerca de 6% em relação à Testemunha (Tabela 5).

Tabela 5 - Enfolhamento do cafeeiro nas diferentes datas de avaliação e a AACPE, em função dos diferentes tratamentos. UFLA, Lavras-MG, 2021/2022.

	Tratamento	Enfolhamento (%)					AACPE <sup>1</sup>	E (%) <sup>2</sup>
		24 jan	19 fev	23 mar	26 abr	08 jun		
T1	Testemunha	79 a	75 b	74 b	76 b	73 b	11108 b	
T2	Azoxistrobina + Ciproconazol + Ochima (Dez) Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Fev, Abr)	80 a	79 a	80 a	81 a	79 a	11826 a	6,0
T3	Azoxistrobina + Ciproconazol) + Ochima (Dez) Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Fev, Mar, Abr)	80 a	79 a	80 a	81 a	79 a	11784 a	5,7
T4	Azoxistrobina + Benzovindiflupir + Ochima (Dez, Fev, Abr)	80 a	80 a	81 a	80 a	80 a	11842 a	6,5
T5	Azoxistrobina + Benzovindiflupir (Dez, Fev, Abr)	81 a	79 a	80 a	81 a	80 a	11884 a	6,5

T6	Fluxapiroxade + Piraclostrobina + Mees® (Dez, Fev, Abr)	80 a	81	80 a	80 a	79 a	11768 a	5,6
	CV (%)	1,7	2,4	1,9	2,3	3,3		

\*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si por meio do teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ); <sup>1</sup>AACPE – Área Abaixo da Curva de Progresso do Enfolhamento. <sup>2</sup>E (%) – Porcentagem de Eficácia de Abbott.

## 5.5 Produtividade

A bienalidade da safra de 2022 foi positiva, mas, devido ao período de seca prolongado e as geadas em 2021, o pegamento da florada e o desenvolvimento dos botões florais foi comprometido. Devido a isso, muitas lavouras não atingiram o potencial produtivo projetado.

Dessa forma, a produtividade obtida no experimento foi inferior a 10 sacas de 60 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 6). Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para a produtividade. Portanto, a produtividade média foi de sete sacas de 60 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 6).

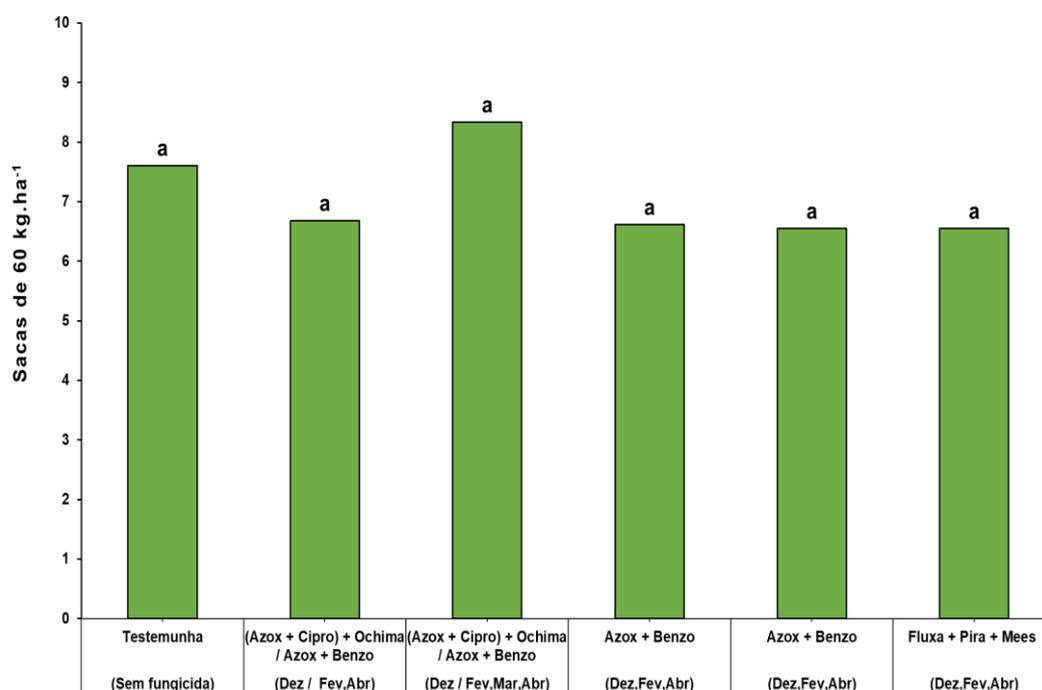


Figura 6 - Produtividade do cafeeiro em função dos diferentes tratamentos. UFLA, Lavras-MG, 2023. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si, por meio do teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). Legenda – Azox: Azoxistrobina; Benzo: Benzovindiflupir; Cipro: Ciproconazol; Pira: Piraclostrobina.

## 5.6 Discussão

Todos os tratamentos foram eficientes no controle da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro, pois, foram superiores à testemunha. Para a ferrugem, independente da data de avaliação não houve diferença entre os tratamentos. Isso também ocorreu para a variável área abaixo da curva de progresso da incidência da ferrugem. Sendo assim, independentemente do número de pulverizações, da sua associação ou não com o Azoxistrobina + Ciproconazol ou o adjuvante Ochima®, o Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) controlou mais de 80% da ferrugem, sendo igual ao Fluxapiróxade + Piraclostrobina pulverizado em dezembro, fevereiro e abril.

O número de pulverizações com o Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L), assim como sua associação com o fungicida Azoxistrobina + Ciproconazol ou o adjuvante Ochima® influenciou o controle da cercosporiose. Ou seja, o Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) aplicado em dezembro, fevereiro e abril com adição do Ochima® promoveu eficiência igual à do Fluxapiróxade + Piraclostrobina + Mees®, aplicado nas mesmas épocas. Porém, a aplicação de Azoxistrobina + Ciproconazol + Ochima em dezembro, seguida por três aplicações de Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) em fevereiro, março e abril foi tão eficiente em controlar a cercosporiose quanto o tratamento com o Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) aplicado em dezembro, fevereiro e abril.

A alta eficiência da mistura de triazóis com estrobilurina como é o caso do Azoxistrobina + Ciproconazol no controle das doenças do cafeeiro já foi relatada por diversos autores. Por exemplo, Vilela (2020) observou que a aplicação de Ciproconazol + Azoxistrobina reduziu a AACPI da ferrugem em quase 90%. Em outro trabalho, Paula (2018) utilizando também a mistura de triazol com estrobilurina (Epoconazol + Piraclostrobina) observou que a redução da AACPI da ferrugem foi superior à 90%.

Nesse mesmo sentido, sabe-se que a associação de fungicidas à base de triazóis com estrobilurinas tem proporcionado melhor controle com maior período residual, vigor da planta e incremento na produtividade do cafeeiro (DEISING; REIMANN; PASCHOALTI, 2008; HOLLomon, 2015). Porém, já foi relatado a perda de eficiência dessas moléculas no controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), em razão do seu uso contínuo nas últimas safras. Os primeiros relatos dessa resistência ocorreram para o princípio ativo Tebuconazol (ALVIM et al., 2009) e desde então observa-se a perda gradual de sua eficiência (resistência quantitativa). Para as

estrobilurinas já foram observados indivíduos com mutações no genoma na posição F129L, na safra 2013/2014. Outras mutações (G143A e G137R) são passíveis de ocorrerem selecionando indivíduos cada vez mais resistentes a esses fungicidas (GRASSO et al., 2006; VALLIERI et al., 2011).

Mediante isso, fez-se necessário inserir um outro grupo químico a fim de alternar diferentes modos de ação e manter a eficiência de controle das doenças de plantas (BARBOSA JÚNIOR, 2020). Para isso, foi incorporado aos programas de aplicação de fungicidas as carboxamidas, no entanto, devido ao seu uso indiscriminado, na safra 2015/16, ocorreu o primeiro relato de mutação na subunidade C na posição I86F (FRAC, 2015).

De acordo com Barbosa Júnior (2020), no cenário atual, a descoberta de novos grupos químicos de fungicidas dificilmente ocorrerá, mas, existe uma luz do final do túnel e as grandes empresas do setor agrícola estão atentas a isso. Como alternativa, as empresas já estão buscando a melhora das formulações que já estão no mercado, como também, desenvolver produtos com misturas duplas ou triplas como estratégia para evitar a seleção direcional de populações de fitopatógenos, aumentando o tempo e a durabilidade das moléculas dos sistêmicos (FRAC, 2010; VAN DEN BOSCH et al., 2015; BARBOSA JÚNIOR, 2020).

No presente trabalho não houve a aplicação isolada do Azoxistrobina + Ciproconazol, no entanto, a sua alternância com o Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) caracteriza-se como uma estratégia de manejo da resistência de fungos à fungicidas, evitando a pressão de seleção de indivíduos resistentes nas populações de *H. vastatrix* e *C. coffeicola*.

## 7 CONCLUSÕES

O fungicida Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) foi eficaz no controle da ferrugem do cafeeiro, independentemente do número e época das aplicações. Os resultados promovidos com a utilização do Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) foram semelhantes aos obtidos com o Fluxapiraxade + Piraclostrobina (Orkestra SC<sup>®</sup>);

A adição do adjuvante Ochima não influenciou a eficiência do Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) no controle da ferrugem;

Para a cercosporiose, os melhores resultados foram obtidos com a realização de três aplicações de Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L), precedidas ou não de uma aplicação com Azoxistrobina + Ciproconazol (Priori Xtra SC<sup>®</sup>);

A adição do adjuvante Ochima<sup>®</sup> ou do Mees<sup>®</sup> reduziu a eficiência do Azoxistrobina (100g/L) + Benzovindiflupir (50 g/L) no controle da cercosporiose;

No que se refere a produtividade não foram evidenciadas diferenças entre os tratamentos, assim como em comparação com a testemunha. Uma possível explicação para isso é a baixa precipitação em estágios de crescimento da cultura de extrema influência na produtividade da cultura.

Não foram observados sintomas de fitotoxidez.

## 8 REFERÊNCIAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, 18:265-266, 1925.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários. 2023.** Disponível: [https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso: 08/06/2023.

ALFONSI, W. M. V. Incubation period of coffee leaf rust. **Summa phytopathologica**. vol.45 no.2 Botucatu, 2019.

ALVIM Jr., M, G., F. C. et al. Avaliação de fungicidas registrados no MAPA no controle da ferrugem da soja. **Tropical Plant Pathology**.

AVENOT, H. F.; MICHAELIDES, T. J. 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, 2010.

AVENOT, H. F.; MICHAELIDES, T. J. Resistance to boscalid fungicide in *Alternaria alternata* isolates from pistachio in California. **Plant Disease**, v. 91, n. 10, p. 1345-1350, 2007.

AZEVEDO PAULA, J. C. **Fungicidas para patógenos necrotróficos do cafeeiro: avaliação da dose resposta ‘in vitro’ e dos efeitos fisiológicos em mudas.** 2023. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

AZEVEDO, L. A.S. **Fungicidas protetores - Fundamentos para o uso racional.** São Paulo. 320 p. 2003.

BALARDIN, R. **Fungicidas sistêmicos: benzimidazóis, triazóis e estrobilurinas.** Disponível em: <https://elevagro.com/materiais-didaticos/fungicidas-sistemicos-benzimidazois-triazois-e-estrobilurinas/>. Data de acesso: 13 de outubro de 2023.

BARBOSA JUNIOR, M. P. et al. Brown eye spot in coffee subjected to different drip irrigation and fertilization management. **Australasian Plant Pathol.** 48, 245–252, 2019.

BARTELEGA, V. **Sensibilidade do fungo *Hemileia vastatrix* a estrobilurinas e metodologia para avaliar germinação de esporos em microplaca de “elisa”.** 2022.

84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. 1990. 532 p.

CARVALHO, V.L. de; CHALFOUN, S.M. Manejo integrado das principais doenças do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p.27-35, 1998.

CHALFOUN, S.M.; LIMA, R.D. de. Influência do clima sobre a incidência de doenças infecciosas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.138, p.31- 36, jun. 1986.

EU. European Union. **Renewal Assessment Report prepared according to the Commission Regulation (EU) n° 1107/2009**. Epoxiconazole. 2019.FRAC. **Recommendations for fungicide mixtures designed to delay resistance evolution**. Disponível: <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures---january-2010.pdf>, 2010. Acesso: 08/06/2023.

FRAC. **Succinate Dehydrogenase Inhibitor (SDHI) Working Group**. Disponível: [https://www.frac.info/docs/default-source/working-groups/sdhi-meeting-minutes/minutes-of-the-2014-sdhi-meeting-recommendations-for-2015-v2.pdf?sfvrsn=8a154a9a\\_10](https://www.frac.info/docs/default-source/working-groups/sdhi-meeting-minutes/minutes-of-the-2014-sdhi-meeting-recommendations-for-2015-v2.pdf?sfvrsn=8a154a9a_10), 2015. Acesso: 08/06/2023.

GARCIA JÚNIOR, B. **Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro (Coffea arábica) em função de doses de potássio e cálcio em solução nutritiva**. 2002. 59p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GILIOLI, F. **Sensibilidade de *Hemileia vastatrix* à fungicidas triazóis**. 2023. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GRASSO, V.; SIEROTZKI, H.; GARIBALDI A.; GISI, U. Characterization of the cytochrome b gene fragment of Puccinia species responsible for the binding site of Qol fungicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.84, n.2, p.72-82, 2006.

LYR, H. **Modern selective fungicides – properties, applications, mechanisms of action**. New York: Gustav Fischer Verlag. 1995, p.595.

MENDONÇA, P. L. P; MATTIELLO, A. L. **Avaliação do fungicida Orkestra SC para o controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* berk et br.) e da cercosporiose**

**(*Cercospora coffeicola* berk & cooke) na cultura do café.** IN: 44º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Franca – SP, 23 a 26 de outubro de 2018. Editor: José Braz Matiello. Brasília, DF: Embrapa Café, 2018.

MIGUEL, K. S. A. C. **Características do setor cafeeiro brasileiro e perspectivas para sua expansão: um estudo bibliográfico.** 2017. 49 f. Monografia (Graduação em Administração). Universidade do extremo sul catarinense – UNESC, Criciúma, 2017.

PÉREZ, C. D. P.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; FREITAS, A. S.; SILVA, M. G. nitrogênio e potássio na intensidade da mancha aureolada do cafeeiro em solução nutritiva. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 60 - 68, jan./mar. 2017.

PINHEIRO, I. C. L. **Avaliação da sensibilidade de isolados de *Alternaria alternata* patótipo tangerina a triazóis, estrobilurinas e carboxamida.** 2021. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PINTO, T. S. **"Raízes do café no Brasil"**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/historia/o-cafe-no-brasil-suas-origens.htm>. Acesso em 29 de outubro de 2023.

POZZA, A.A.A. **Influência da nutrição nitrogenada e potássica na intensidade da mancha de olho pardo (*Cercospora coffeicola*) em mudas de cafeeiro.** 1999. 70p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

POZZA, E. A. Diagnose e controle de doenças. In: CARVALHO, G. R.; FERREIRA, A. D.; ANDRADE, V. T.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, J. P. F. (Eds). **Cafeicultura do cerrado.** Belo Horizonte: EPAMIG, p. 347-429. 2021.

POZZA, E. A. Manejo sustentável de doenças em cafeeiros de alta produtividade. In: SANTINATO, F. (Ed.). **A moderna cafeicultura brasileira: tecnologias que afetam a produtividade.** Jaboticabal: FUNEP, p. 499 - 521, 2022.

POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A. Coffee plant diseases affected by nutritional balance. **Coffee Science**, [S. l.], v. 18, p. e182086, 2023. DOI: 10.25186/v18i.2086.

RODRIGUES, M.A.T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC.** 2006. 249f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2006.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. **The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in Knox wheat.** *Phytopathology*, v.67, n.8, p.1051-1056, 1977.

SILVA, A. C. A. et al. Fitossanidade do cafeeiro: relação com a qualidade sensorial. In: **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2015, Curitiba. Anais [...]. Curitiba, PR: Embrapa Café, 2015. p. 5.

SILVA, M.; G. et al.; Temperatura and light intensity interaction om *Cercospora coffeicola* sporulation conidia germination. **Ciencias e Agrotecnologia**, lavras. V. 40, n. 2, p. 198 -204, 2016.

TOMLIN, C. D. S. **The pesticide manual: a world compendium**. Surrey, Uk: British Crop Protection Council, 12 ed., 2002.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. Pesticide Fact Sheet. Epoxiconazole. August 2006.

VALLIERI. C. et al. Deleterious Effect of the Qo Inhibitor Compound Resistance-Confering Mutation G143A in the Intron-Containing Cytochrome b Gene and Mechanisms for Bypassing. **Microbiology**. V. 77, n. 6, p- 2088 - 2093, 2011.

VAN DEN BOSCH F.; et al. Evidence-based resistance management: a review of existing evidence. In: Ishii H, Hollomon DW, editors. **Fungicide resistance in plant pathogens**. Tokyo: Springer; 2015. p. 63–76.

VILELA, X. M. S. **Fungicidas sistêmicos para ferrugem do Cafeeiro: controle e eficiência na mistura com cúpricos e fertilizantes foliares**. 2020. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.