

Vinício Augusto Pedrosa Caetano

**EFICIÊNCIA DAS CARBOXAMIDAS E ESTROBILURINAS NO MANEJO DA
FERRUGEM DO CAFEEIRO**

VINICIO AUGUSTO PEDROSA CAETANO

**EFICIÊNCIA DAS CARBOXAMIDAS E ESTROBILURINAS NO MANEJO DA
FERRUGEM DO CAFEIEIRO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Bacharelado
em Agronomia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Minas Gerais - *Campus* Bambuí como
requisito parcial para a obtenção do grau
de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Loram de
Oliveira Freitas

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

C128e Caetano, Vinicio Augusto Pedrosa.
Eficiência das carboxamidas e estrobilurinas no manejo da ferrugem do
cafeeiro. / Vinicio Augusto Pedrosa Caetano. – 2025.
28 f.; il.: color.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Loram de Oliveira Freitas.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2025.

1. Coffea arabica. 2. Controle químico. 3. Fungicidas. I. Freitas,
Marcelo Loram de Oliveira. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 632.952

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

VINICIO AUGUSTO PEDROSA CAETANO

EFICIÊNCIA DAS CARBOXAMIDAS E ESTROBILURINAS NO MANEJO DA FERRUGEM DO CAFEEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de
Bacharelado em Agronomia,
ofertado pelo Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Minas Gerais - *Campus* Bambuí,
como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Aprovado em 25 de Julho de 2025, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Loran de Oliveira Freitas - IFMG *Campus* Bambuí - Orientador

Prof. Dr. Fábio Pereira Dias - IFMG *Campus* Bambuí

Prof. Arnaldo Ribeiro - IFMG *Campus* Bambuí

BambuÍ, 25 de julho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Loran de Oliveira Freitas, Professor**, em 01/08/2025, às 11:39, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Pereira Dias, Professor**, em 01/08/2025, às 13:00, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Arnaldo Ribeiro, Professor**, em 04/08/2025, às 21:17, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2396260** e o código CRC **FD379BBD**.

23209.003812/2024-51

2396260v1

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por me conceder força, sabedoria e serenidade em cada etapa desta jornada. Aos meus pais, Vanusa Cristina Pedrosa Caetano e Denicio Augusto Caetano, minha eterna gratidão. Obrigado por todo amor, apoio incondicional, conselhos e por acreditarem em mim, mesmo nos momentos em que eu duvidei. Vocês são minha base, meu exemplo e minha maior motivação.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus por me dar saúde e sabedoria para conduzir este experimento, ao professor e orientador Marcelo Loran, ao Gabriel Menezes por ter nos disponibilizado a Fazenda Mantíbio para a realização do experimento, agradeço também à minha namorada Sthefanie Silva e ao meu amigo Vinicius Menezes por terem me ajudado na condução deste TCC.

RESUMO

A cafeicultura é uma das principais atividades do agronegócio brasileiro, com relevância econômica, social e histórica para o país. O Brasil lidera a produção e exportação mundial de café, destacando-se nas variedades *Coffea arabica* e *Coffea canephora*. Entretanto, a produtividade cafeeira é frequentemente ameaçada por fatores fitossanitários, especialmente pela ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*), principal doença da cultura. A ferrugem apresenta alta capacidade de disseminação e causa perdas significativas de produção, sendo favorecida por condições climáticas específicas como alta umidade, temperatura amena e baixa luminosidade. O controle químico é a principal estratégia utilizada no manejo da ferrugem, com destaque para fungicidas das classes das carboxamidas e estrobilurinas, que atuam sobre a respiração mitocondrial dos fungos. As carboxamidas inibem a enzima succinato desidrogenase (SDH), enquanto as estrobilurinas bloqueiam o complexo III da cadeia respiratória, interferindo diretamente na produção de ATP dos patógenos. Esses produtos possuem ação preventiva e curativa, sendo amplamente utilizados no manejo integrado da doença. No entanto, seu uso indiscriminado pode acelerar o surgimento de resistência por parte do patógeno, comprometendo a eficácia dos tratamentos. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do uso de carboxamidas e estrobilurinas no controle da ferrugem do cafeeiro, considerando aspectos como modo de ação, condições ambientais favoráveis à doença e estratégias de aplicação. A pesquisa busca contribuir para práticas de manejo mais sustentáveis e eficazes, promovendo a produtividade e a longevidade das lavouras cafeeiras.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, Controle químico, Fungicidas.

ABSTRACT

Coffee cultivation is one of the main activities of Brazilian agribusiness, with economic, social, and historical significance for the country. Brazil leads the world in coffee production and exports, with an emphasis on the *Coffea arabica* and *Coffea canephora* varieties. However, coffee productivity is frequently threatened by phytosanitary factors, especially coffee rust (*Hemileia vastatrix*), the main disease affecting the crop. Rust has a high capacity to spread and causes significant production losses, favored by specific climatic conditions such as high humidity, temperate temperatures, and low light. Chemical control is the main strategy used to manage rust, with an emphasis on carboxamide and strobilurin fungicides, which act on mitochondrial respiration in fungi. Carboxamides inhibit the enzyme succinate dehydrogenase (SDH), while strobilurins block complex III of the respiratory chain, directly interfering with ATP production by pathogens. These products have preventive and curative actions and are widely used in integrated disease management. However, their indiscriminate use can accelerate the emergence of pathogen resistance, compromising the effectiveness of treatments. Given this situation, this study seeks to evaluate the efficiency of carboxamides and strobilurins in controlling coffee rust, considering aspects such as the mode of action, favorable environmental conditions for the disease, and application strategies. The research aims to contribute to more sustainable and effective management practices, promoting the productivity and longevity of coffee crops.

Keywords: *Coffea arabica*, Chemical control, Fungicides.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos comerciais testados para o controle da ferrugem do cafeeiro.....	19
Tabela 2 -Avaliação pré-aplicação dos produtos comercias.....	20
Tabela 3 - Avaliação pós-aplicação dos produtos comerciais.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aplicação dos produtos comerciais com o uso do atomizador costal.....	20
Figura 2 - Esporos da ferrugem na face abaxial das folhas do cafeeiro pré-tratamento.....	21
Figura 3 - Esporos da ferrugem na face abaxial das folhas do cafeeiro pós-tratamento.....	22
Figura 4 – Nível incidência da ferrugem do cafeeiro submetido aos tratamentos com os fungicidas e a testemunha.....	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral.....	12
2.2	Objetivo Específico	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Cafeicultura no Brasil	13
3.2	Ferrugem do cafeeiro (<i>Hemileia vastatrix</i>)	13
3.3	Ciclo de vida	14
3.4	Ambiente favorável.....	15
3.5	Controle químico	15
3.6	Carboxamidas	16
3.7	Estrobilurina	17
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1	Local do experimento	18
4.2	Delineamento experimental	18
4.3	Avaliações.....	19
5	MÉTODO DE APLICAÇÃO	19
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
7	CONCLUSÃO.....	23
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro (*Coffea* spp.) é uma das atividades agrícolas socioeconomicamente mais importantes para o país. Considerado o maior produtor e exportador mundial de grãos verdes, a produção brasileira na safra de 2024 foi de 54,79 milhões de sacas, cultivados em uma área plantada de 2,25 milhões de hectares. Dentre os estados produtores, destaca-se o Estado de Minas Gerais, considerado o maior produtor nacional com 28,06 milhões de sacas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014).

Com uma produtividade média de 28,8 sacas por hectare (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2014), a cafeicultura tem como um dos maiores condicionadores dessa produtividade, a ocorrência de doenças em que se destaca a ferrugem do cafeeiro, causada pelo fungo biotrófico *Hemileia vastatrix* Berkeley and Broome (Basidiomycota, Pucciniales) e de ocorrência em todas as regiões produtoras de café no mundo (SILVA *et al.*, 2006).

A ferrugem tem como sintomas iniciais lesões cloróticas nas folhas que levam à redução da atividade fotossintética. Posteriormente, há o surgimento dos sinais do patógeno na face abaxial das folhas, representados por pequenas pústulas que se expandem e coalescem, passando a lesões necróticas. Nesse estágio, observa-se a queda precoce das folhas, o menor vingamento da florada e dos frutos na fase de chumbinho, uma indução à desfolha por ocasião da colheita e a seca dos ramos, acarretando uma redução de mais de 50% da produção quando a doença não é controlada (ROZO *et al.*, 2012; ZAMBOLIM *et al.*, 1992).

A seca constante dos ramos reduz a longevidade dos cafeeiros, tornando a cultura antieconômica. Estima-se que as perdas causadas pela ferrugem do cafeeiro encontram-se entre 1 e 2 bilhões de dólares anualmente, sendo um dos limitantes à produção mundial de *Coffea arabica* (TALHINHAS *et al.*, 2017).

No Brasil, vários métodos de controle são utilizados para reduzir as perdas econômicas decorrentes dessa doença, em que se destaca o uso de variedades resistentes associados ou não à aplicação de fungicidas registrados para a cultura do cafeeiro (VAN DER VOSSSEN *et al.*, 2015).

Quanto ao uso de fungicidas destacam-se os cúpricos, triazóis e estrubilurinas, associados ou não, aplicados via foliar ou no solo, com diferentes periodicidades de aplicação. Aplicações preventivas são conduzidas com os fungicidas cúpricos (ex. oxiclreto de cobre), com início das aplicações no período chuvoso e as aplicações curativas são realizadas com uso de fungicidas sistêmicos, especialmente triazóis (ex. epoxiconazole, ciproconazole, tebuconazole, etc.) e estrubilurinas (ex. azoxistrobina, piraclostrobina, etc.). Muito embora, há

sérios riscos de se selecionar populações do patógeno resistentes além da elevação do custo de produção. A aplicação de fungicidas é responsável por quase 50% do custo de produção dessa cultura em algumas condições favoráveis à doença (KILAMBO *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2012).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência de diferentes fungicidas do grupo carboxamida e estrobilurina no controle de ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*).

2.2 Objetivo Específico

Os objetivos específicos desse trabalho incluíram:

- Avaliar a eficiência do uso de diferentes carboxamida na redução da incidência da ferrugem do cafeeiro a campo;
- Avaliar a eficiência do uso de diferentes estrobilurinas na redução da incidência da ferrugem do cafeeiro a campo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cafeicultura no Brasil

A cafeicultura ocupa um papel de destaque na história econômica e social do Brasil, sendo uma das principais atividades do agronegócio nacional. Introduzido no país no século XVIII, o café rapidamente se tornou uma das maiores fontes de riqueza, moldando o desenvolvimento de cidades e influenciando profundamente a cultura brasileira (CNC, 2024).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, com destaque para as variedades de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (conilon/robusta). A produção nacional é concentrada, principalmente, nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Bahia. Minas Gerais lidera o ranking, respondendo por cerca de 50% da produção de café arábica (CNC, 2024).

Em termos econômicos, o setor cafeeiro brasileiro continua a bater recordes de exportação. Segundo dados da Secretaria de Agricultura de Minas Gerais (2024), o agronegócio brasileiro registrou em março um novo recorde nas exportações, impulsionado em parte pela cafeicultura. A alta demanda externa pelo café brasileiro reflete não apenas a qualidade do produto, mas também a competitividade da produção nacional no cenário internacional.

Além da forte presença no mercado externo, o café também possui grande importância no mercado interno, com um consumo per capita que posiciona o Brasil entre os maiores consumidores mundiais da bebida. Essa combinação de liderança na produção e no consumo reforça a relevância estratégica da cafeicultura para a economia nacional e para a geração de empregos em diversas regiões do país.

3.2 Ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*)

A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) foi identificada pela primeira vez no Brasil em 1970, na Bahia (Carvalho *et al.*, 1989). Essa doença é a mais prevalente entre os cafeeiros e, quando atinge níveis econômicos de dano, pode reduzir a produtividade de 35% a 50% (Pozza *et al.*, 2010).

Para que ocorra a germinação dos uredinísporos e a penetração nas folhas através dos estômatos, são necessárias condições climáticas específicas, como temperaturas entre 22°C e 23°C (Kushalappa *et al.*, 1983; 1989), molhamento foliar por pelo menos 48 horas (Ward, 1882) e baixa luminosidade (Rayner, 1961).

Os primeiros sinais da doença podem ser observados tanto em folhas jovens quanto em folhas mais velhas, e são caracterizados por manchas cloróticas na face adaxial da folha. À medida que a infecção progride, essas manchas aumentam em tamanho e número, e se transformam em pústulas de coloração alaranjada na face abaxial. Como consequência, há uma redução na área fotossintética, o que leva à desfolha das plantas e, consequentemente, à queda na produtividade (Pozza *et al.*, 2010).

A dispersão do patógeno ocorre principalmente por fatores ambientais, como vento, gotas de chuva e insetos. Além disso, mudas infectadas também podem contribuir para a propagação do fungo, transportando-o para outras regiões e até mesmo para diferentes continentes, o que facilita a disseminação do patógeno a longas distâncias (Opinião, 2012; Agrios, 2005).

Embora o controle químico seja o principal método utilizado para combater a ferrugem do cafeeiro, o uso indiscriminado desses produtos pode levar à seleção de patógenos resistentes, comprometendo a sustentabilidade dos agroecossistemas e impactando negativamente tanto o custo de produção quanto as exportações de café (Máximo *et al.*, 2009).

3.3 Ciclo de vida

A ferrugem do cafeeiro é causada por um fungo biotrófico. Conforme Matiello (1991), esse fungo é capaz de produzir dois tipos de esporos: os uredósporos e os teliósporos.

De acordo com Matiello *et al.* (2015), o ciclo da doença apresenta uma evolução bem marcada, variando conforme as condições climáticas. A infecção começa a aumentar por volta dos meses de novembro e dezembro, atingindo o pico de folhas infectadas e visivelmente doentes nos meses de julho e agosto.

Os esporos são dispersos por meio do vento, da água, de insetos e da ação humana. Segundo Filho, Amorim e Kimati (1995), após essa disseminação, os esporos entram em contato com tecidos suscetíveis. Em condições climáticas favoráveis, ocorre a germinação dos esporos, seguida pela formação do promicélio, que permite a penetração através do estômato. A colonização da planta se dá pelo desenvolvimento de micélios e pela formação do haustório. A partir dos pedicelos, novos uredósporos são gerados, dando continuidade ao ciclo da doença.

3.4 Ambiente favorável

Segundo Mesquita *et al.* (2016), o desenvolvimento do fungo é favorecido por várias variáveis climáticas. Dentre elas, destaca-se a alta umidade relativa do ar, que facilita a germinação dos esporos, especialmente quando combinada com chuvas finas e frequentes, orvalho noturno e condições de baixa luminosidade, como é comum em plantios mais adensados. A temperatura média ideal para o fungo gira em torno de 20°C a 24°C, e a baixa altitude também contribui para seu desenvolvimento. Além disso, o alto índice de enfolhamento e a alta carga pendente das plantas também criam um ambiente favorável para o crescimento do fungo.

No entanto, de acordo com Matiello *et al.* (2015), nos meses secos, entre julho e setembro, o fungo encontra dificuldades para realizar o processo de penetração na folha. Embora haja fatores como o orvalho noturno que parecem favoráveis, a umidade gerada nesse período é insuficiente para que o fungo complete a penetração. A falta de continuidade na umidade impede que o processo se realize com sucesso.

3.5 Controle químico

O combate químico à ferrugem baseia-se na aplicação de fungicidas e pode ser classificado em diferentes abordagens. O controle preventivo utiliza compostos à base de cobre, enquanto o controle preventivo-curativo pode ser feito por pulverização foliar com fungicidas sistêmicos combinados a produtos protetores. Alternativamente, essa modalidade também pode empregar fungicidas sistêmicos aplicados diretamente no solo (MATIELLO *et al.*, 2015).

No manejo preventivo-curativo da ferrugem do cafeeiro, recomenda-se o uso de triazóis, geralmente em associação com fungicidas cúpricos e/ou moléculas do grupo das estrobilurinas. A recomendação é realizar de duas a três aplicações por ciclo, com intervalos de 60 a 90 dias, preferencialmente nos períodos de janeiro/fevereiro a março/abril (MATIELLO *et al.*, 2015).

As carboxamidas destacam-se por sua alta eficiência no controle de doenças fúngicas, atuando principalmente como inibidores do complexo II da cadeia respiratória mitocondrial, ao bloquear a enzima succinatodesidrogenase (SDH), essencial para a produção de energia (ATP) no patógeno (GEAGRAUFG, 2023). Essa interrupção do metabolismo mitocondrial afeta diretamente a germinação dos esporos e o crescimento do micélio, conferindo às carboxamidas ações preventiva e curativa. Além disso, apresentam efeito residual prolongado e certa ação

mesostêmica, com penetração parcial do ingrediente ativo nos tecidos vegetais, o que amplia sua persistência e eficácia no controle (REVISTA CULTIVAR, 2022).

As estrobilurinas destacam-se por sua versatilidade, pois exercem ações preventiva, curativa, erradicante e antiesporulante. Elas atuam inibindo o processo respiratório no complexo III da cadeia mitocondrial, especificamente no citocromo bc1 (COUESHEE, R. J., 1967). Além disso, essas substâncias oferecem proteção eficaz à folhagem, já que parte do ingrediente ativo penetra nos tecidos das folhas, caracterizando um efeito mesostêmico (MATIELLO *et al.*, 2015).

Resultados semelhantes foram observados por Mendonça e Mattiello (s.d.), que relataram que o fungicida Orkestra SC apresentou bom controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) com três aplicações, sem diferenças significativas entre os tratamentos, e que, apesar da ausência de variações estatísticas no controle da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em folhas e frutos, o uso de triazóis nos programas aumentou a eficiência de controle.

Resultados obtidos no presente estudo com o uso de bixafen, picoxistrobina, azoxistrobina e benzovindiflupir reforçam achados anteriores, como os de Mendoza-Duarte *et al.* (2023), que observaram, em experimentos realizados no Paraguai, maior eficiência no controle da ferrugem asiática da soja com misturas contendo esses princípios ativos. As combinações resultaram em menor severidade da doença e maior eficiência de controle, especialmente quando associadas a fungicidas multissítio, como o mancozebe.

De acordo com estudos recentes, a eficiência dos triazóis combinados com estrobilurinas é indiscutivelmente superior à dos fungicidas de contato, especialmente em sistemas produtivos com médias superiores a 30 sacas/ha em sequeiro e 40 sacas/ha em lavouras irrigadas, sendo recomendada sua aplicação em conjunto para maximizar o controle da ferrugem do cafeeiro (SERA *et al.*, 2022).

3.6 Carboxamidas

As carboxamidas, também conhecidas como inibidores da succinatodesidrogenase (SDHI), constituem uma classe de fungicidas sistêmicos que atuam inibindo a enzima succinatodesidrogenase (SDH), componente essencial do complexo II da cadeia respiratória mitocondrial dos fungos. Essa inibição impede a transferência de elétrons e a produção de ATP, comprometendo o metabolismo energético do patógeno, resultando na interrupção do seu crescimento e posterior morte celular (GEAGRAUFG, 2023).

A eficácia das carboxamidas é mais evidente nas fases iniciais da infecção, como a germinação de esporos e penetração nos tecidos vegetais, quando há alta demanda energética por parte do fungo (REVISTA CULTIVAR, 2022). Além disso, estudos indicam que esses fungicidas também interferem em outros processos celulares, como a biossíntese de proteínas, lipídios, DNA e RNA (REVISTA CULTIVAR, 2023).

Para evitar o surgimento de resistência, é recomendada sua aplicação em mistura com fungicidas de mecanismos de ação distintos, como os multissítios, promovendo maior eficácia e sustentabilidade no manejo fitossanitário.

3.7 Estrobilurina

As estrobilurinas representam uma classe de fungicidas amplamente utilizada na agricultura moderna devido à sua elevada eficácia no controle de diversos fitopatógenos. Derivadas de metabólitos naturais produzidos por fungos do gênero *Strobilurus*, essas substâncias atuam de forma específica sobre a respiração celular dos fungos (BARTLETT *et al.*, 2002).

O mecanismo de ação das estrobilurinas está relacionado à inibição do complexo III (ubiquinol: citocromo c redutase) da cadeia de transporte de elétrons nas mitocôndrias. Ao bloquear esse complexo, as estrobilurinas interrompem a transferência de elétrons, comprometendo a síntese de adenosina trifosfato (ATP), fundamental para o metabolismo energético celular (FRAC, 2024). Essa interrupção leva à paralisação do crescimento do micélio fúngico e, conseqüentemente, à morte do patógeno.

Esses fungicidas são majoritariamente preventivos, apresentando ação de contato e translaminar, com baixa ou nula atividade curativa. Por esse motivo, seu uso é mais eficiente quando aplicado antes da ocorrência da infecção (EMBRAPA, 2019). Dentre os principais alvos das estrobilurinas, destacam-se fitopatógenos como *Phakopsora pachyrhizi*, *Puccinia spp.*, *Alternaria spp.*, *Oidium spp.* e *Septoria spp.*, afetando culturas economicamente importantes como soja, milho, trigo, café e hortaliças (GAZZIERO *et al.*, 2014).

Entretanto, devido ao seu modo de ação específico (sítio único), há um elevado risco de desenvolvimento de resistência por parte dos fungos. A seleção de populações resistentes pode ocorrer com o uso repetido e exclusivo desse grupo químico. Portanto, o uso racional das estrobilurinas deve ser parte de programas de manejo integrado de doenças, incluindo a rotação de ingredientes ativos com diferentes mecanismos de ação, uso de fungicidas multissítios, monitoramento das áreas de cultivo e adoção de boas práticas agrícolas (HEANEY *et al.*, 2000).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado na fazenda Mantíbio, no município de Medeiros, no estado de Minas Gerais, região centro-oeste, o local se encontra nas seguintes coordenadas geográficas, 20°02'05"S e 46° 16'08"W. O experimento teve início no dia 07 de abril de 2025 e foi concluído no dia 21 de abril de 2025.

A lavoura onde executou o experimento foi da cultivar catuaí144, com idade de 10 anos, disposta no espaçamento 2,50 x 0,60 m, a mesma apresenta uma carga pendente de 40 sacos/hectare.

4.2 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o DBC (Delineamento em Blocos Casualizados) com 6 tratamentos e 12 plantas por bloco com 4 repetições, sendo que uma planta em cada extremidade foi descartada nas avaliações. No ensaio foram aplicados cinco produtos comerciais mais a testemunha, compondo os seguintes tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Produtos comerciais testados para o controle da ferrugem do cafeeiro.

Tratamento	Produto Comercial	Ingrediente Ativo	Dosagem/Hectare
T1	Valpura	Bixafen (C)	1600 ml
T2	Fusão	Metominostrobin (E) + Tebuconazol (T)	1500 ml
T3	Vessarya	Picoxistrobin (E) + Benzovindiflupir (C)	1200 ml
T4	Excalia Max	Impirfluxam (C)+ Tebuconazol (T)	500 ml
T5	Orkestra	Fluxapiroxade (C)+ Piraclostrobin (E)	600 ml
T6	Água		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

***Foi adicionado à calda de pulverização óleo vegetal na dosagem de 0,5% do volume de calda em todos os tratamentos.**

***Carboxamida = C; Estrobilurinas = E e Triazol = T**

4.3 Avaliações

No experimento foram feitas duas avaliações: a 1ª avaliação foi feita no dia da aplicação dos produtos testados e a 2ª, após 14 dias da aplicação, foram realizadas avaliações para verificar a incidência da ferrugem do cafeeiro no 3º e 4º pares de folha. A partir dos dados de incidência das duas avaliações, foi calculada a área abaixo da curva do progresso da incidência da ferrugem do cafeeiro pela somatória de seções trapezoidais utilizando-se o software Excel, cujo resultado foi submetido à Análise de Variância (ANAVA), e, quando significativo, foi submetido ao teste de Scott Knot a 5% de significância, utilizando-se o software R.

5 MÉTODO DE APLICAÇÃO

A aplicação foi feita com atomizador costal da marca STHIL (Figura 1) com capacidade máxima de 15 litros de calda. O volume de aplicação foi regulado para 400 litros de calda por hectare. Com o espaçamento de 2,50 m x 0,60 m resultou-se numa população de 6.667 plantas por hectare, sendo que cada planta recebeu 60 ml de calda, sendo necessário 4,3 litros para pulverizar todas as plantas de cada tratamento.

Figura 1 – Aplicação dos produtos comerciais com o uso do atomizador costal.



Fonte: o autor, 2025.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados em relação à área abaixo da curva do progresso da incidência da ferrugem, como evidenciado na (Tabela 3).

A avaliação 1 (Tabela 2) foi utilizada para verificar a incidência inicial da ferrugem do cafeeiro (Figura 2) nos diferentes tratamentos, antes da aplicação dos fungicidas. De acordo com o teste F a 5% de probabilidade, não houve diferença significativa entre os tratamentos, indicando que a infestação inicial era estatisticamente semelhante em todos os grupos experimentais.

Tabela 2 -Avaliação pré-aplicação dos produtos comerciais.

Tratamento	Nível de Incidência	Variância 5%
T6	2.697	A
T5	2.012	A
T1	1.969	A
T2	1.735	A
T4	1.677	A
T3	1.531	A

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Nível de incidência T6 - 65,0% T5 - 50,0% T1 - 47,5% T2 - 42,5% T4 - 40,0% T3 - 37,5%

Figura 2 – Esporos da ferrugem na face abaxial das folhas do cafeeiro pré-tratamento.



Fonte: o autor, 2025.

Após a aplicação dos produtos, foi realizada a avaliação 2 (Tabela 3), na qual se observou uma diferença significativa na incidência da ferrugem entre os tratamentos (Figura 3), conforme o teste de agrupamento de Skott-Knott à 5% de significância.

Tabela 3 – Avaliação pós-aplicação dos produtos comerciais.

Tratamento	Nível de Incidência	Variância 5%
T6	2.729	a
T1	1.375	b
T2	1.020	c
T5	0.979	c
T4	0.958	c
T3	0.729	c

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Nível de incidência T6 - 68,20% T1 - 34,35% T2 - 25,50% T5 - 24,20% T4 - 23,70% T3 - 18,22%

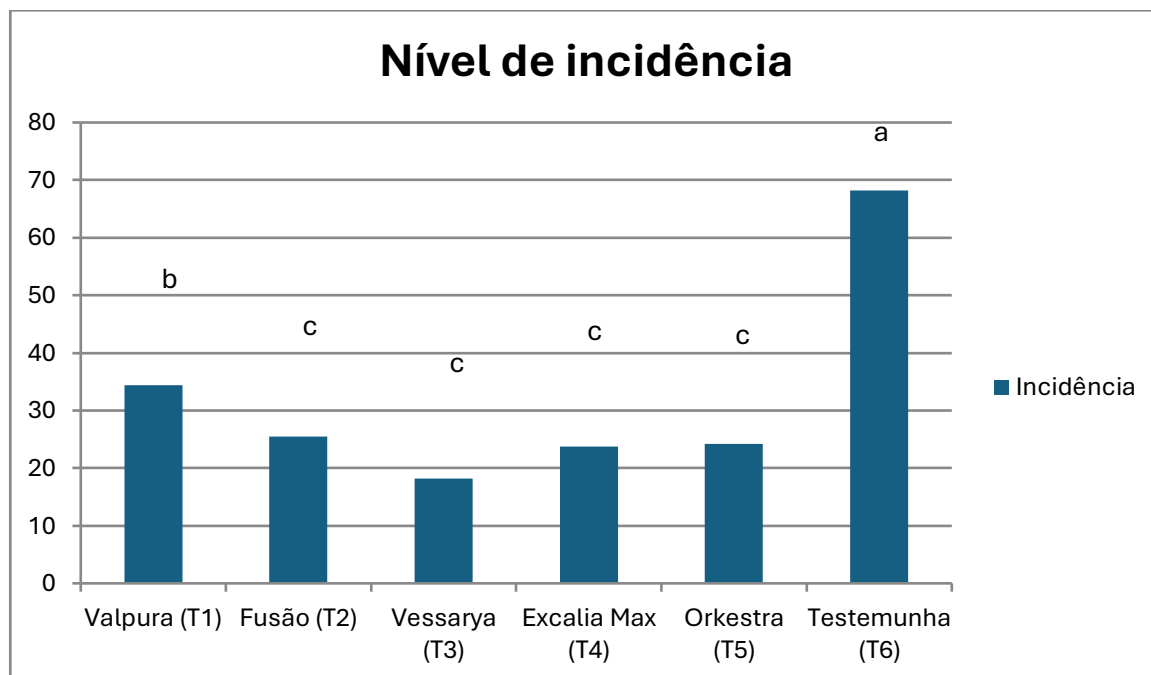
Figura 3 – Esporos da ferrugem na face abaxial das folhas do cafeeiro pós-tratamento.



Fonte: o autor, 2025.

Conforme mostram os dados da avaliação 2 e a Figura 4, o tratamento 6 (testemunha), que não recebeu aplicação de fungicida, apresentou um aumento expressivo na incidência da doença, evidenciando a importância do controle químico para a redução da ferrugem do cafeeiro.

Figura 4 - Nível de incidência da ferrugem do cafeeiro submetido aos tratamentos com os fungicidas e a testemunha.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

*Barras com letras diferentes significam diferença estatística pelo teste Skott-Knott a 5% de significância.

O tratamento com maior incidência da doença após a aplicação foi o T1 (Valpura), os demais tratamentos (T2, T3, T4 e T5) apresentaram níveis semelhantes de controle da doença, sem diferença estatística significativa entre eles, segundo o teste de Skott-Knott. Isso sugere que esses produtos foram igualmente eficientes no manejo da ferrugem, dentro das condições avaliadas.

Resultados semelhantes foram observados por Mendonça e Mattiello (s.d.), que relataram que o fungicida Orkestra SC apresentou bom controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) com três aplicações, sem diferenças significativas entre os tratamentos, e que, apesar da ausência de variações estatísticas no controle da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em folhas e frutos, o uso de triazóis nos programas aumentou a eficiência de controle.

Resultados obtidos no presente estudo com o uso de bixafen, picoxistrobina, azoxistrobina e benzovindiflupir reforçam achados anteriores, como os de Mendoza-Duarte *et al.* (2023), que observaram, em experimentos realizados no Paraguai, maior eficiência no controle da ferrugem asiática da soja com misturas contendo esses princípios ativos. As

combinações resultaram em menor severidade da doença e maior eficiência de controle, especialmente quando associadas a fungicidas multissítio, como o mancozebe.

De acordo com estudos recentes, a eficiência dos triazóis combinados com estrobilurinas é indiscutivelmente superior à dos fungicidas de contato, especialmente em sistemas produtivos com médias superiores a 30 sacas/ha em sequeiro e 40 sacas/ha em lavouras irrigadas, sendo recomendada sua aplicação em conjunto para maximizar o controle da ferrugem do cafeeiro (SERA *et al.*, 2022).

7 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos com o trabalho, concluímos que as misturas de estrobilurina e carboxamidas (Picoxtribina+benzovindiflupir), (Fluxapirroxade+piraclostrobina) e a mistura triazol+carboxamida (Impirfluxam+tebuconazol) foram eficientes no controle da ferrugem do cafeeiro se igualando a mistura triazol+estrobilurina (Metominostrobina+tebuconazol), já a carboxamida bixafen teve um menor controle da ferrugem, ou seja, misturas de fungicidas são mais eficientes que fungicidas isolados no controle de ferrugem com maiores níveis de incidência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G. M. **Plant pathology**. 5. ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press. p. 948. 2005.
- BARTLETT, D. W. *et al.* **The strobilurin fungicides**. Pest Management Science, v. 58, n. 7, p. 649–662, 2002.
- CARVALHO, A.; ESKES, A. B.; CASTILLO, J.; SREENIVASAN, M. S.; ECHEVERRI, J. H.; FERNANDEZ, C. E.; FAZUOLI, L. C. (1989) Breeding programmes. In: KUSHALAPPA, A. C.; ESKES, A. B. **Coffee rust: epidemiology, Resistance and management**. Boca Raton, CRC Press, p. 293-335, 1989.
- CNC – **Conselho Nacional do Café**. Café do Brasil: História. Disponível em: <https://cncafe.com.br/cafe-do-brasil-historia/>. Acesso em: abr. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café: safra 2024: terceiro levantamento**. Brasília: Conab, v. 5, n. 4, 2018. ISSN2318-7913. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>. Acesso em 14 jan. 2025.
- COURSHEE, R. J. **Application and use of foliar fungicides**. New York: Academic Press, 1967. p. 239-286.
- EMBRAPA. **Controle químico de doenças em grandes culturas**. Circular Técnica n. 124, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- FILHO, A. B.; AMORIM, L.; KIMATI, H. **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos agrônômica** Ceres, São Paulo, v. 1, p. 919, 1995.
- FRAC – **Fungicide Resistance Action Committee**. FRAC Mode of Action Classification 2024. Disponível em: <https://www.frac.info>. Acesso em: 10 jun. 2025.
- GAZZIERO, D. L. P. *et al.* **Fungicidas na agricultura: eficiência e riscos**. Revista Plantio Direto, v. 24, n. 149, p. 38–42, 2014.
- GEAGRAUFG. **Mecanismo de ação de fungicidas**. 2023. Disponível em: <https://geagraufg.wordpress.com/2023/07/19/mecanismo-de-acao-de-fungicidas>. Acesso em: 5 de maio, 2025.

HEANEY, S. P. *et al.* **Resistance to fungicides in the QoI (strobilurin) cross-resistance group: current perspectives.** Pest Management Science, v. 56, n. 9, p. 684–695, 2000.

KILAMBO, D. L., REUBEN, S. O. W. M.; MAMIRO, D. P. **Responses of compact coffee clones against coffee berry and coffee leaf rust diseases in Tanzania.** Journal of Plant Studies, Toronto, v. 2, n. 2, p. 81-94, maio 2013.

MATIELLO, J. B. *et al.* **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações.** Varginha: Fundação Procafé, 2015.

MÁXIMO, G. B.; MACIEL, A. L. de R. **Manejo alternativo de Ferrugem e Cercosporiose Em Coffea arábica.** In: VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2009.

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.** BASF S.A., [s.d.].

MENDOZA-DUARTE, M. J.; MELGAREJO-ARRUA, M.; SCHLICKMANN-TANK, J. A.; CABALLERO-MAIRESSE, G. G.; ENCISO-MALDONADO, G. A. **Efeito de mistura de fungicidas sítio-específicos combinados com mancozebe no controle da ferrugem da soja no nordeste do Paraguai.** Summa Phytopathologica, v. 49, p. 1–5, 2023.

MESQUITA, Carlos Magno de *et al.* **Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (Coffea arábica L.).** Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 62 p.il.

OPINIÃO, A. I. B. **Caracterização cariológica do fungo Hemileia vastatrix responsável pela Ferrugem alaranjada do cafeeiro,** Lisboa, Universidade Nova de Lisboa. Dissertação. Março, 2012.

POZZA, E. A.; CARVALHO, V. L. CHALFOUN, S. M. **Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro.** In: Guimaraes, R. J.; Mendes, A. N. G.; Baliza, D.P. Semiologia do cafeeiro: Sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Lavras: UFLA, 215 p. 2010.

RAYNER, R. W. **Germination and penetration studies on coffee rust (Hemileia vastatrix B. & Br.).** Annals of Applied Biology, v. 49, p. 497–505, 1961.

REVISTA CULTIVAR. **Carboxamidas no manejo da ferrugem asiática.** 2022. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/carboxamidas-no-manejo-da-ferrugem-asiatica>. Acesso em: 5 maio 2025.

REVISTA CULTIVAR. **Como posicionar corretamente carboxamidas contra doenças da soja.** 2023. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/artigos/como-posicionar-corretamente-carboxamidas-contra-doencas-da-soja>. Acesso em: 5 maio 2025.

ROZO, Y.; ESCOBAR, C.; GAITÁN, A.; CRISTANCHO, M. **Aggressive ness and genetic diversity of Hemileia vastatrix during na epidemic in Colombia.** Journal of Phytopathology, Medford, v. 160, p. 732–740, set. 2012.

Secretaria de Agricultura de Minas Gerais. Exportações do agro: março traz novas quebras de recordes e mostra oportunidades do cenário externo. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/noticias/exportacoes-do-agro-marco-traz-novas-quebras-de-recordes-e-mostra-oportunidades-do-cenario-externo>. Acesso em: abr. 2025.

SERA, G.H.; DE CARVALHO, C.H.S.; DE REZENDE ABRAHÃO, J.C.; POZZA, E.A.; MATIELLO, J.B.; DE ALMEIDA, S.R.; BARTELEGA, L.; DOS SANTOS BOTELHO, D.M. **Coffee Leaf Rust in Brazil: Historical Events, Current Situation, and Control Measures.** *Agronomy* 2022, 12, p.13-14, 496. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020496>

SILVA, M.do C.; VÁRZEA, V.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; AZINHEIRA, H. G.; FERNANDEZ, D.; PETITOT, A. S.; BERTRAND, B.; LASHERMES, P.; NICOLE, M. **Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease.** Brazilian Journal of Plant Physiology, Londrina, v. 18, n. 1, p.119–147, jan./mar. 2006.

TALHINHAS, P.; BATISTA, D.; DINIZ, I.; VIEIRA, A.; SILVA, D. N.; LOUREIRO, A.; TAVARES, S.; PEREIRA, A. P.; AZINHEIRA, H. G. GUERRA-GUIMARÃES, L.; VARZEA, V.; SILVA, M. do C. **The coffee leaf rust pathogen Hemileia vastatrix: one and a half centuries around the tropics.** Molecular Plant Pathology, Medford, v. 18. N. 8, p.1039-1051, 2017.

VAN DER VOSSEN, H.; BERTRAND, B.; CHARRIER, A. **Next generation variety development for sustainable production of arabica coffee (Coffea arabica L.): a review.** Euphytica, Wageningen, v. 204, n. 2, p. 243–256, fev. 2015.

WARD, H. M. **Research on the life history of Hemileia vastatrix, the fungus of the coffee leaf disease.** Journal of the Linnean Society of London, Botany, London, v. 19, n. 121, p. 299-335, Aug. 1882b.

ZAMBOLIM, L.; ACUÑA, R. S.; VALE, F. X. R. do; CHAVES, G. M. **Influência da produção do cafeeiro sobre o desenvolvimento da ferrugem (Hemileia vastatrix).** Fitopatologia Brasileira, Brasília, v. 17, p. 32-35, jan. 1992.