



FÁBIO DE OLIVEIRA SANTOS

**ARGILAS SILICATADAS NO MANEJO DA CERCOSPORIOSE E
ESCALDADURA EM *Coffea arabica***

LAVRAS/MG

2023

FÁBIO DE OLIVEIRA SANTOS

**ARGILAS SILICATADAS NO MANEJO DA CERCOSPORIOSE E
ESCALDADURA EM *Coffea arabica***

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

Prof. PhD. Mário Lúcio Vilela de Resende
Orientador

LAVRAS/MG

2023

FÁBIO DE OLIVEIRA SANTOS

**ARGILAS SILICATADAS NO MANEJO DA CERCOSPORIOSE E
ESCALDADURA EM *Coffea arabica***

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

APROVADA em 20 de março de 2023.

Mário Lúcio Vilela de Resende

Mariana de Lima

Tharyn Reichel

Prof. PhD. Mário Lúcio Vilela de Resende

Orientador

LAVRAS/MG

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me guiar proporcionando força e discernimento durante os desafios encontrados na caminhada e pelas bênçãos concedidas até aqui.

A minha família, por todo o apoio e incentivo, principalmente a minha mãe, Silvane, ao meu pai, Silvio e aos meus irmãos: Álvaro, Silvia e Raul.

Ao professor Mário Lúcio Vilela de Resende pelo apoio, orientação, compromisso, ensinamento e amizade durante o tempo que estivemos juntos.

Aos amigos do Laboratório Fisiologia do Parasitismo e os demais envolvidos pela convivência, troca de experiência e companheirismo. Em especial Deila, Tharyn e Mariana pelas contribuições durante a condução e elaboração desse projeto.

As empresas AgroCarregal, Phytus Group, Agrogalaxy e UPL pela oportunidade, suporte, amizades construídas e pelos ensinamentos compartilhados.

Ao Grupo de Estudo em Milho e Sorgo – GMILHO, pelo conhecimento compartilhado e amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do café (INCT-Café) pelo apoio e financiamento do projeto executado.

A todos os bons amigos construídos durante o período da graduação que, sem dúvidas, contribuíram para que essa jornada se tornasse mais divertida e enriquecedora.

A TODOS, MINHA PLENA GRATIFICAÇÃO!

RESUMO

O cafeeiro é uma das culturas mais tradicionais do Brasil, sendo o maior produtor mundial, tendo como a espécie de maior relevância econômica *Coffea arabica*. Diversos fatores podem afetar a produtividade do cafeeiro causando perdas significativas, como condições climáticas adversas, deficiências nutricionais, pragas e doenças. A cercosporiose, causada pelo agente etiológico *Cercospora coffeicola*, está entre as doenças mais significativas da cultura, sendo um problema desde as mudas no viveiro até os plantios novos no campo. Além disso, a escaldadura é um distúrbio fisiológico que ocasiona a degradação da clorofila e a necrose devido à morte dos tecidos quando expostos a altas temperaturas solares. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes argilas silicatadas na incidência da cercosporiose e na fisiologia do cafeeiro e em condições de campo. O projeto foi conduzido no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Foram utilizadas plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144. As mudas estavam com três pares de folhas totalmente expandidas, nutridas adequadamente e sem nenhum sintoma de doença ou praga. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com nove tratamentos e quatro repetições. Foi realizada a quantificação dos teores de clorofila a e b. Os dados obtidos através das avaliações de incidência e severidade da cercosporiose foram transformados em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Sisvar, versão 5.1 e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Com base nos resultados, conclui-se que a argila caulinitica foi o tratamento que apresentou maiores teores de clorofila a e b, menor índice da AACPD e menor número de folhas infectadas por cercosporiose em relação aos demais tratamentos. Todos os tratamentos se diferenciaram significativamente da testemunha, demonstrando potencial na sua utilização no manejo da cercosporiose e proteção contra altas temperaturas na cultura cafeeira.

Palavras-chave: *Cercospora coffeicola*. Clorofila. Argilas Silicatadas. Escaldadura.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 REFERENCIAL TEÓRICO	08
2.1 O café no Brasil	08
2.2 Cercosporiose do cafeeiro	09
2.3 Escaldadura das folhas do café	10
2.4 Caracterização das micropartículas utilizadas na agricultura	11
2.5 Caulim no cafeeiro	12
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 Local de condução do experimento	14
3.2 Manejo e condução do experimento	14
3.3 Quantificação dos teores de clorofila a e clorofila b	16
3.4 Análises dos dados	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5 CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1 INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma das culturas mais tradicionais do Brasil, o qual se destaca como o maior produtor mundial. As espécies economicamente mais importantes são *Coffea arabica* e *C. canephora* (ABRAHAO, 2010). O fechamento da safra cafeeira em 2022 no país, ano de alta bienalidade, indica uma produção de 50.92 milhões de sacas de café beneficiado, 6,7% acima da safra 2021. Comparativamente à safra 2020, ano também de alta bienalidade, observa-se uma redução de 19,3% mil sacas, justificada pelas adversidades climáticas, como déficit hídrico e geadas durante o ciclo da cultura (CONAB 2022).

Diversos fatores podem afetar a produtividade do cafeeiro causando perdas significativas, como condições climáticas adversas, deficiências nutricionais, pragas e doenças (OESTREICH-JANZEN, 2010). Dentre as doenças, a cercosporiose, causada pelo agente etiológico *Cercospora coffeicola*, está entre as doenças mais significantes, sendo um problema que ocorre desde as mudas no viveiro até os plantios no campo (CHALFOUN, 1997; ZAMBOLIM et al., 1997). Nos viveiros, a doença provoca desfolha, afetando o crescimento das mudas, tornando-as raquíticas e inadequadas para o plantio. Já em plantios novos, é comum ocorrer desfolha acentuada, prejudicando o crescimento das mudas, principalmente em lavouras implantadas em terrenos de baixa fertilidade e/ou com adubações desequilibradas. Além disso, podem ocorrer queda de folhas e frutos após as primeiras produções. Em lavouras adultas, além da queda de folhas, a doença provoca a queda prematura e chochamento dos frutos atacados, podendo funcionar também como porta de entrada para outros fungos que interferem na qualidade do café. Isso implica na redução da produção, do rendimento, depreciação do tipo e da bebida do café (CHALFOUN, 1997).

Nos últimos anos, e nas principais regiões produtoras de café, as perdas de produtividade têm sido registradas, e tais perdas estão associadas, principalmente, aos períodos de secas e de altas irradiâncias entre os meses de dezembro e março. Sob estas condições, além das perdas diretas de produtividade, podem ocorrer sintomas de escaldadura (Silva et al., 2013), o que reduz o vigor da planta. O consórcio do cafeeiro com espécies arbóreas ou frutíferas pode ser uma alternativa para evitar o excesso de radiação sobre as plantas de café, porém é ainda pouco usada. Contudo, no Brasil, grande parte dos cultivos está a pleno sol de maneira que a utilização de protetores solares sobre as folhas/frutos pode ser uma estratégia. Diante disso, este trabalho objetiva avaliar os

efeitos de diferentes argilas silicatadas na fisiologia do cafeeiro e na incidência da cercosporiose de *C. arabica* em experimentos conduzidos em condições de campo.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito das argilas silicatadas no manejo da cercosporiose e escaldadura em *Coffea arabica*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O café no Brasil

O café é um dos produtos de maior importância no mercado mundial, sendo que o Brasil é o maior produtor e exportador desta commodity. A área destinada à cafeicultura nacional, em 2022, foi de 2.242,1 mil hectares, sendo 1.841,5 mil hectares para lavouras em produção, com crescimento de 1,8% sobre a safra 2021, e 400,6 mil hectares de área em formação, o que representa uma redução de 4,5% de área em comparação à safra passada. Das lavouras em produção, estima-se que 1.452,6 mil hectares foram dedicados ao café arábica, enquanto 389 mil hectares ao café conilon. A produtividade média nacional de café na safra 2022 foi de 27,7 scs/ha, 4,8% maior em relação à safra anterior. A produtividade do café arábica está estimada em 22,5 scs/ha, aumento de 2,7% em relação à safra de 2021. A produtividade do café conilon está estimada em 46,8 scs/ha, 7,9% maior que a safra anterior (CONAB,2022).

Com origem no continente africano e pertencente à família Rubiaceae, o gênero *Coffea* apresenta cerca de 100 espécies identificadas, com grande heterogeneidade entre si. As espécies *C. arabica* e *C. canephora* são as mais cultivadas (DAVIS et al., 2006). *C. arabica* é a espécie mais importante do gênero, com uma produção estimada em 32,72 milhões de sacas de café beneficiado, acréscimo de 4,1% em comparação à safra anterior. (CONAB, 2022). Dentro da espécie, uma das cultivares mais tradicionais no Brasil é o Catuaí, resultante do cruzamento artificial de cafeeiros selecionados de ‘Caturra Amarelo’, de porte baixo, e ‘Mundo Novo’. Por apresentar qualidade de bebida superior tem sido utilizada em larga escala, além de ser uma planta com alta produtividade, rústica e comumente cultivada a livre crescimento (SOUZA et al., 2003).

Dentre as doenças que atingem o cafeeiro, a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e a cercosporiose (*C. coffeicola*) podem ocasionar perdas de 30 a 50% na produção cafeeira e encontram-se disseminadas em todas as regiões cafeeiras do Brasil (POZZA et al 2010; ZAMBOLIM et al 2016; TALHINHAS et al., 2017). A ferrugem pode ser controlada pelo uso de cultivares de cafeeiro resistentes (AYALEW, 2014), contudo não há relatos de cultivares resistentes à cercosporiose (BOTELHO et al., 2017). Torna-se então essencial o desenvolvimento de uma estratégia de manejo da cercosporiose que se enquadre na proposta da agricultura orgânica, visando a redução dos danos ambientais.

2.2 Cercosporiose do cafeeiro

A cercosporiose, causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke, pertencente à família Dematiaceae, ordem Moniliales e classe mitosporicos é uma das principais doenças do cafeeiro (GODOY et al., 1997). A penetração do tecido foliar por *C. coffeicola* ocorre através dos estômatos e a colonização fúngica nas folhas pode ser por meio intercelular e intracelular (SOUZA et al., 2011). Os sintomas da cercosporiose são caracterizados por manchas necróticas circulares de centro branco-acinzentado com pontuações escuras, cercadas por um anel de coloração castanha e envoltas por um halo amarelo (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005). A cercosporiose desenvolve-se em condições de alta umidade relativa, temperaturas amenas e alta luminosidade, pode ocorrer em condições de viveiro e de campo quando práticas de manejo não são bem conduzidas ou diante a exposição a estresse hídrico e a deficiência de nutrientes (POZZA; POZZA, 2003).

Os frutos também podem ser infectados por *C. coffeicola* e, neles, as lesões são mais frequentes quando estão próximos da maturação. A infecção nos frutos inicia-se quatro meses após a floração, com lesões deprimidas, de coloração castanho-claro, disposta no sentido do pedúnculo-coroa do fruto. As manchas mais velhas são escuras e com aspecto ressecado, nas quais a polpa correspondente ao local da lesão fica aderente ao pergaminho. Os frutos, quando atacados no estágio ainda verde e verde-cana, amadurecem precocemente, com avermelhamento a partir da lesão (CHALFOUN, 1997; ZAMBOLIM et al., 2005).

Para o controle da cercosporiose, são recomendados produtos à base de cobre e os fungicidas, que por sua vez são produtos de classificação toxicológica medianamente ou

altamente tóxica, havendo assim um grande risco de contaminação dos seres humanos e do ambiente. Dessa forma, apesar da alta eficiência dos fungicidas sintéticos, os altos custos, o aumento da resistência dos fitopatógenos e o impacto sobre o ambiente causado pelos produtos químicos, têm levado os fitopatologistas de todo o mundo a intensificarem as pesquisas na área de controle alternativo, visando desenvolver processos mais naturais e menos comprometedores de controle de doenças. Entre estes métodos alternativos estão à indução de resistência e o controle biológico (RODRIGUES et al., 2007).

Argilas silicatadas, denominadas filmes de partículas, têm apresentado resultados promissores na proteção de culturas e no manejo de doenças fúngicas tanto pela proteção física (GLENN; PUTERKA, 2005) quanto pela indução de resistência (CHERIF; ASSELIN; BELANGER, 1994; FORTUNATO; RODRIGUES; NASCIMENTO, 2012). Os filmes de partículas refletem parte dos raios ultravioleta e da radiação infravermelha (GLENN; PUTERKA, 2005). Tal redução da luz solar na superfície foliar do cafeeiro pode influenciar negativamente a ativação da cercosporina, fator de virulência da cercosporiose, afetando a colonização fúngica (SOUZA et al., 2019).

2.3 Escaldadura das folhas do cafeeiro

Escaldadura significa uma queima, que no cafeeiro ocorre sob duas formas: a clorose, provocada pela degradação da clorofila e a necrose devido à morte dos tecidos. A escaldadura pode ocorrer quando a planta absorve uma grande quantidade de energia do sol e não consegue dissipá-la, levando assim a um dano oxidativo. Deste modo, as regiões mais quentes e em altitudes mais baixas, em que os cafeeiros estão voltados para o sol da tarde, são as mais afetadas por este fenômeno (CAFÉ POINT, 2019). Sabe-se ainda que o tempo seco, com pouca chuva e com altas temperaturas, ocasiona o amarelecimento e a queima de folhas e frutos dos cafeeiros, levando a escaldadura. No ano de 2019, relatou-se grande ocorrência de escaldadura em cafeeiros, pois em janeiro daquele ano, houve pouca chuva que, em combinação com altas temperaturas, provocou o amarelecimento e a queima de folhas e frutos (MATIELLO, 2019).

Uma observação nova é a de que a escaldadura vem ocorrendo principalmente nas lavouras quadráticas, com capação e variedades de porte baixo, sendo que cafeeiros de variedades sem achatamento da sua estrutura de copa parecem apresentar menos problemas. Lavouras com mais carga também apresentam mais escaldadura, se

explicando pela menor disponibilidade de reservas na folhagem, portanto, os cloroplastos ficam mais sensíveis. As lavouras com caminhamento do sol Leste-Oeste são menos atingidas pelo sol escaldante. Os galhos que tombam são fortemente atingidos pela escaldadura (MATIELLO, 2019).

Diversos estudos demonstram que para minimizar a ocorrência da escaldadura existem práticas como a própria irrigação, a qual, fornecendo água à planta, propicia condições para um melhor resfriamento dos tecidos. A arborização da lavoura, reduzindo a insolação sobre os cafeeiros, também é muito eficiente na diminuição da escaldadura, porém, é uma prática difícil de ser adotada. O plantio direcionado reduz a escaldadura, pois evita a incidência do sol da tarde, de forma direta de um lado da linha de cafeeiros.

Nas lavouras instaladas em regiões mais quentes, em condições de temperatura média de 23 a 24° C, tem sido observado que o uso de maiores doses de nitrogênio na adubação, assim como aplicações foliares de cobre tem reduzido a escaldadura (MATIELLO, 2019). No mesmo objetivo, o uso de açúcar e de produtos com cristais, os quais refletem os raios solares, tendem a diminuir a escaldadura. Atualmente também tem surgido no mercado protetores solares, como os produtos comerciais Protex, Chapeu, Bonder e Surround. Eles podem reduzir em torno de 5 graus a temperatura nos tecidos foliares (CAFÉ POINT, MATIELLO, 2019).

2.4 Caracterização das micropartículas utilizadas na agricultura

Os minerais secundários do solo podem ser originados: no próprio solo (in situ), a partir dos produtos da meteorização dos minerais primários menos resistentes; de alterações da estrutura de certos minerais primários, que ocorrem também in situ; e do material originário. Os minerais secundários mais frequentes no solo são: minerais de argila (silicatos de alumínio no estado cristalino), silicatos não cristalinos; óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro; carbonatos de cálcio e de magnésio. As argilas silicatadas adquirem tal denominação após o processamento de filmes de partículas.

Para determinar a eficácia desses filmes nos tecidos vegetais é necessária à sua caracterização físico-química, fisiológica e bioquímica. Esses filmes devem possuir partícula mineral quimicamente inerte, com diâmetro inferior ou igual a 2 µm, formulação que possibilite seu espalhamento uniforme sobre o tecido, não interferir nas trocas gasosas da folha, transmitir radiação fotossintética ativa e refletir parte dos raios ultravioleta e da radiação infravermelha (GLENN; PUTERKA, 2005). É necessário também que sua

retirada através da lavagem com água seja possível e o seu uso não deve alterar o comportamento de insetos e patógenos da planta (GLENN; PUTERKA, 2005). O caulim é um mineral originado da caulinita, cuja composição química é 39,50% de Al_2O_3 , 46,54% de SiO_2 e 13,96% de H_2O , possuindo pequenas variações em seus constituintes (LUZ; FREITAS, 2008). Diversas fontes de caulim são utilizadas como base para o processamento de filmes de partículas silicatadas.

As propriedades refletivas de filmes de partículas a base de caulim reduzem a temperatura das folhas, amenizando o estresse térmico e oxidativo, protegendo assim o aparato fotossintético (DINIS et al, 2016a; KHAVARI et al 2021). Desse modo, seu uso gera aumento nas taxas fotossintéticas, melhora nas características físicas de frutos e grãos com conseqüente aumento na produtividade (ABREU et al, 2017a; BERMUDEZ; ORTIZ, 2020). Khavari et al. (2021) demonstraram que a pulverização de um filme de partícula a base de caulim a 6% combinado ao ácido salicílico a 1mM em avelãs submetidas a condições de exposição à radiação solar, resultou no aumento do peso seco da noz e do grão da avelã em 5,6% e 11,2%, respectivamente, em relação ao controle. Esse mesmo tratamento também proporcionou proteção ao aparato fotossintético apresentando aumento nos teores de clorofila a, clorofila b e carotenoides. Como resultado complementar do trabalho, foi possível observar que folhas da avelã pulverizadas com caulim 6% apresentaram maior teor de água e menor vazamento de eletrólitos quando comparado com as folhas de plantas não tratadas.

De acordo com o trabalho realizado por Pereira et al. (2019), há um aumento de produtividade no tomate em 3,11 kg/planta e 31.152 kg ha⁻¹, após a pulverização foliar de produtos compostos por caulim, apresentando produtividade 20% maior em comparação com as plantas sem aplicação; além disso, sua aplicação no tomateiro também ocasionou o aumento da tolerância da cultura ao estresse salino (BOARI et al., 2016). Adicionalmente, alguns estudos demonstraram o benefício da aplicação do caulim na redução tanto do estresse térmico (CONDE et al., 2016; DINIS et al., 2016; BERNARDO et al., 2017; DINIS et al., 2018) quanto do estresse hídrico em videiras (FRIONI et al., 2019, 2020).

2.5 Caulim no cafeeiro

Atualmente existem no mercado diversos produtos com formulação contendo o caulim, possuindo características exclusivas e específicas para determinados cenários. Um desses produtos à base de caulim calcinado que tem sido muito utilizado no mercado é o Surround[®] WP, sendo indicado para proteção de culturas contra a escaldadura e estresse térmico e, em diversos trabalhos, sua eficácia na cultura do cafeeiro tem sido constatada. Plantas pulverizadas com caulim podem apresentar um aumento de até 26,24% na eficiência do uso de água (ABDALLAH, 2019).

A aplicação foliar de Surround[®] WP no cafeeiro pode otimizar o uso de água e acarretar no resfriamento evaporativo da folha, podendo ocasionar redução de 2,0 a 7,5°C da temperatura foliar e a diminuição de até 39,25% do estresse hídrico quando comparadas a plantas expostas ao sol (STEIMAN; BITTENBENDER; IDOL, 2007; KROHLING et al., 2016a, ABREU et al., 2017b; ABREU et al., 2020). A redução da temperatura foliar, ameniza o estresse térmico e oxidativo, ocasionando diferentes efeitos benéficos à cultura. Steiman et al. (2007) realizaram análises de radiação fotossintética ativa e assimilação de carbono e demonstraram que a redução da temperatura foliar em plantas tratadas resultou no aumento da eficiência fotossintética em 71%. A fotossíntese líquida de folhas expostas ao sol diminuiu rapidamente ao final da manhã, enquanto as folhas pulverizadas com Surround[®] WP permaneceram com altos níveis fotossintéticos. Além disso, a aplicação do produto resultou em um aumento no rendimento de 14% e 99%, em dois anos consecutivos de avaliação.

Plantas de café protegidas com o caulim apresentaram folhas saudáveis e sem sintomas de escaldadura; e maior produção de frutos sem defeitos, com maior tamanho, o que influi no aumento do rendimento e da produtividade em comparação a plantas não tratadas (KROHLING et al., 2016b; SANTINATO et al., 2016; ABREU et al 2020). Krohling et al (2016b) demonstraram redução de 123,75% do número de frutos do tipo boia/litro em plantas tratadas, resultando no aumento de 4,87% na produtividade do café Conilon, equivalente ao acréscimo de 3,8 sacas 60 kg. Abreu et al. (2016) observaram que plantas de café Conilon pulverizadas com Surround[®] WP produziram aproximadamente 35% a mais de grãos peneira 16 e acima, e com menos defeitos em relação a testemunha, que apresentaram 77,78% mais defeitos, possibilitando a necessidade de menor quantidade de café maduro para encher uma saca de 60kg.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de condução do experimento

O experimento foi conduzido em campo, no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Foram utilizadas plantas de *Coffea arabica*, cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, que se caracteriza por ser suscetível à ferrugem e a cercosporiose. As mudas de café utilizadas estavam com três pares de folhas totalmente expandidas, bem nutridas e sem nenhum sintoma de doença ou praga sendo provenientes de viveiro situado em Santana da Vargem-MG.

3.2 Manejo e condução do experimento

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados (DBC), com nove tratamentos e quatro repetições contendo quatro plantas por parcela para as avaliações. As argilas silicatadas utilizadas foram fabricadas pela Mineração Terra Nova em Ijaci-MG e associadas ou não, com o produto Extra Verde®. Os tratamentos e doses estão descritos na tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos e doses dos produtos que foram utilizados no experimento e em condições de campo, cultivar Catuaí Vermelho IAC 144.

Tratamentos	Pulverizações Dose
1. Testemunha (sem aplicação de produtos)	-
2. Argila caulinitica	5,0 Kg ha ⁻¹
3. Argila micronizada	5,0 Kg ha ⁻¹
4. Extra Verde®	1,0 mL ha ⁻¹
5. Extra Verde®	2,0 mL ha ⁻¹
6. Argila caulinitica + Extra Verde®	5,0 Kg ha ⁻¹ + 1,0 mL ha ⁻¹
7. Argila micronizada + Extra Verde®	5,0 Kg ha ⁻¹ + 1,0 mL ha ⁻¹
8. Argila caulinitica + Extra Verde®	5,0 Kg ha ⁻¹ + 2,0 mL ha ⁻¹
9. Argila micronizada + Extra Verde®	5,0 Kg ha ⁻¹ + 2,0 mL ha ⁻¹

Fonte: Do autor (2022).

As pulverizações foram realizadas com a utilização de pulverizador manual até o ponto de escorrimento, considerado volume de calda de 200 L ha⁻¹. As plantas receberam as pulverizações até que toda a superfície foliar ficasse totalmente coberta pela calda. Em seguida, as plantas foram expostas ao sol, e aquelas cuja cobertura do produto foi retirada devido ao período chuvoso receberam novas aplicações dos tratamentos (Figura 1 e 2).

Após sete dias da primeira pulverização dos tratamentos, foram iniciadas as avaliações de incidência e severidade da cercosporiose, de acordo com a escala diagramática de Custódio et al (2011), com um intervalo de sete dias entre uma avaliação e outra, totalizando cinco avaliações. Os dados foram transformados em área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Neste experimento, a ocorrência do patógeno *Cercospora coffeicola* foi espontânea, ou seja, não foi realizada a inoculação no qual foram avaliados os dois primeiros pares de folhas totalmente expandidos de cada planta garantindo a padronização das avaliações.



Figura 1. Local da realização do experimento (Departamento de Fitopatologia – UFLA) e distribuição de gotas das argilas caulínica nas folhas do cafeeiro cultivar Catuaí Vermelho IAC 144.

Fonte: Do autor (2022).

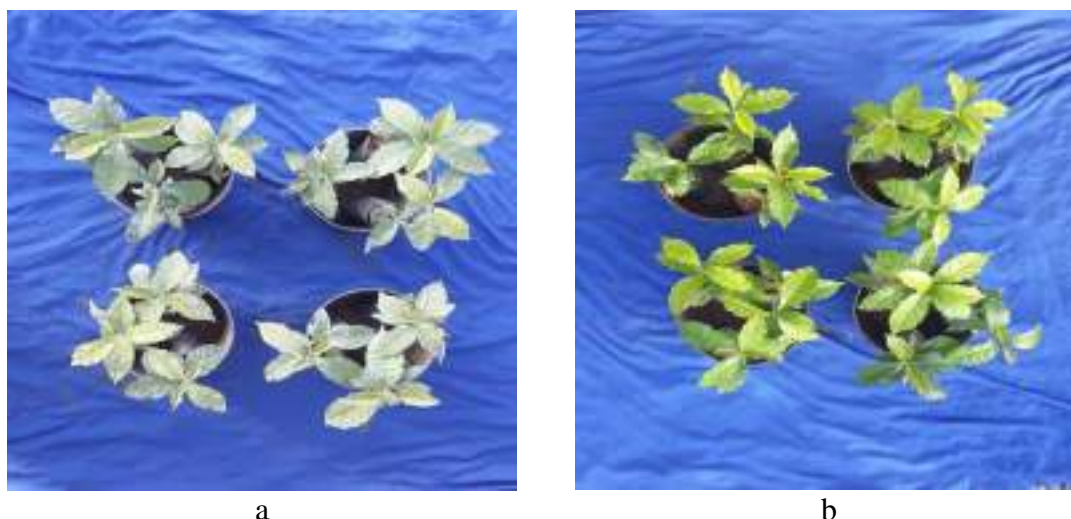


Figura 2. Plantas tratadas com argila caulínica (a) e sem tratamento (testemunha) (b).
Fonte: Do autor (2022).

3.3 Quantificação dos teores de clorofila a e clorofila b

A extração e quantificação de clorofila a e b foi realizada de acordo com o método de Lichtenthaler e Buschmann (2001), que consiste na coleta dos dois primeiros pares de folhas totalmente expandidas e imergir 0,1g do material fresco em 10 mL de acetona 80% por 24 horas (Figura 3). Os frascos foram cobertos com papel alumínio para permanecerem no escuro. Em seguida, procede-se a leitura em espectrofotômetro nos três comprimentos de ondas: 663,2 nm, 646,8 nm e 470 nm. Posteriormente, foram realizados os cálculos, conforme o protocolo.

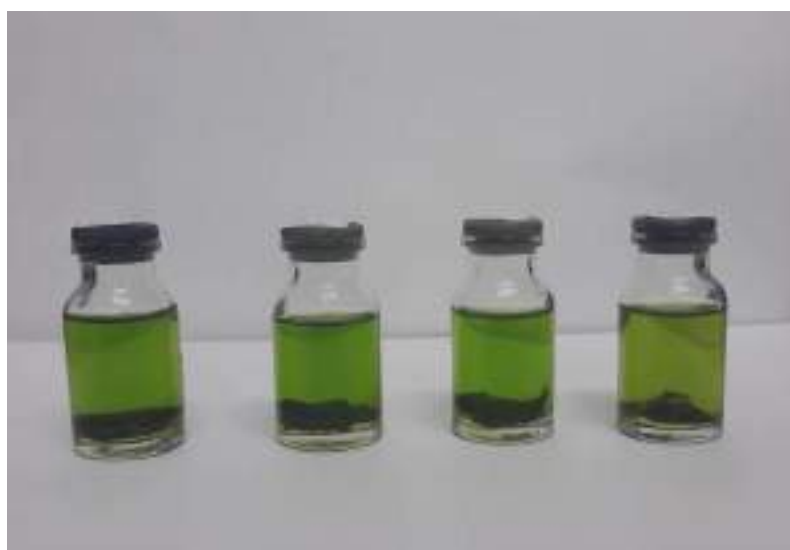


Figura 3. Frascos destinados a extração de clorofila, segundo o método proposto por Lichtenthaler e Buschmann (2001).
Fonte: Do autor (2022).

3.4 Análises dos dados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Sisvar, versão 5.1 (FERREIRA, 2011). Quando significativas pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) houve diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 4). O tratamento argila caulínica foi superior aos demais tratamentos apresentando menores valores da AACPD, porém, não se diferenciou estatisticamente dos tratamentos com argila micronizada + 1 mL de Extra Verde® e Extra Verde® 2 mL utilizado isoladamente. Os demais tratamentos, com exceção da testemunha, apresentaram valores semelhantes e não se diferenciaram estatisticamente entre si. A testemunha foi o tratamento onde verificou-se os maiores valores de área abaixo da curva de progresso da doença, sendo aproximadamente três vezes maior quando comparado ao melhor tratamento, argila caulínica.

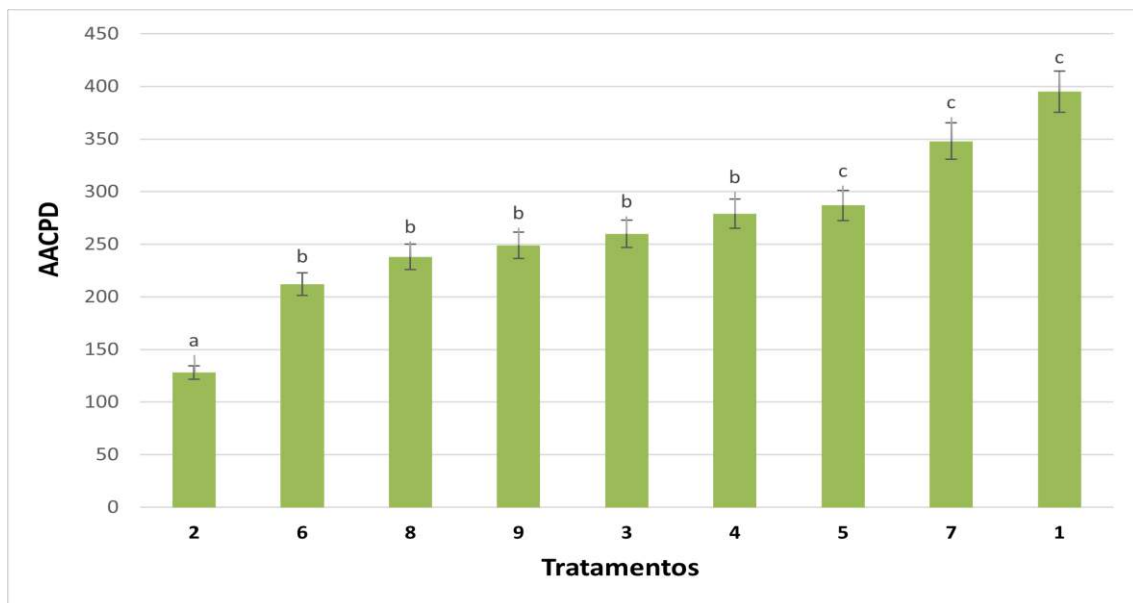


Figura 4. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da cercosporiose do cafeeiro em função dos diferentes tratamentos.

* Médias seguidas da mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

O total de folhas infectadas por cercosporiose em função dos tratamentos variou de 13 a 27 folhas (Figura 5). Foi possível observar que o tratamento com argila caulínica apresentou o menor número de folhas infectadas por cercosporiose. Na testemunha, foram observados os maiores valores da infecção pelo patógeno, correspondendo a mais de 100% de folhas com a presença do fungo em comparação ao melhor tratamento avaliado. Testemunha, argila micronizada + Extra Verde® 2 mL e Extra Verde® 1 mL foram os tratamentos que apresentaram maior número de folhas com a presença do fungo *Cercospora coffeicola* e não se distinguiram estatisticamente. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários no total de folhas infectada.

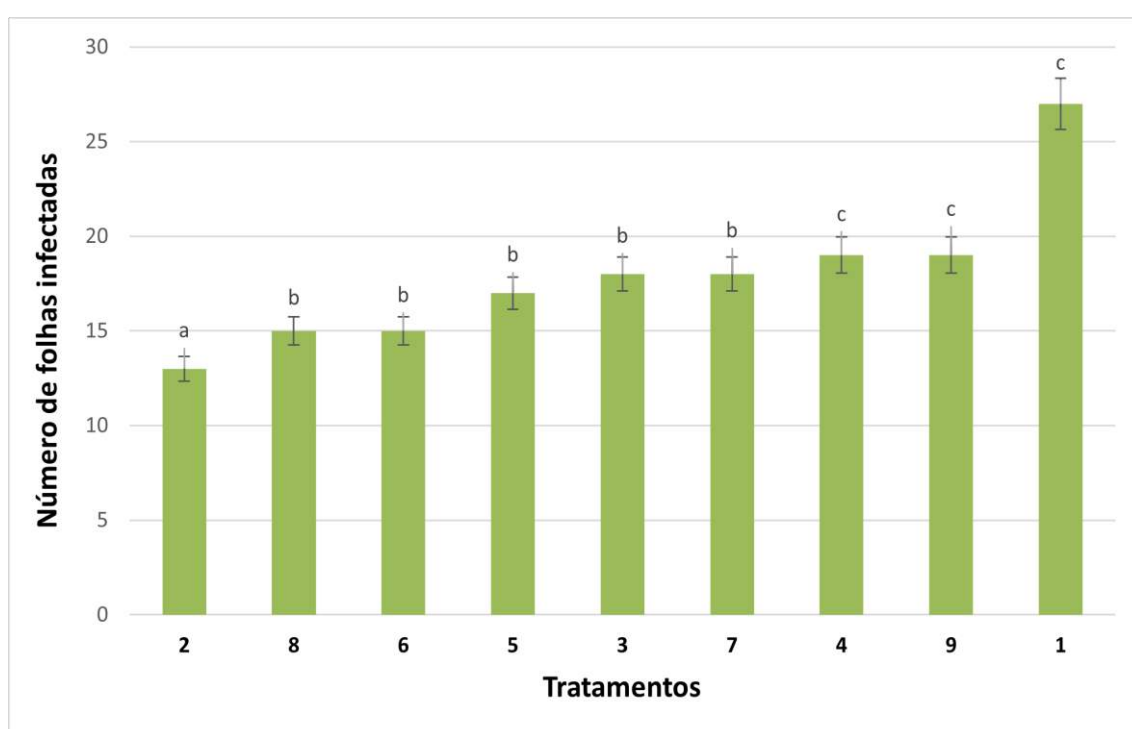


Figura 5. Total de folhas infectadas por *Cercospora coffeicola* em função dos diferentes tratamentos.

* Médias seguidas da mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Os resultados deste trabalho mostraram que ocorreram diferenças significativas nos teores de clorofila a em função dos diferentes tratamentos (Figura 6). Os tratamentos argila caulínica, argila caulínica associada ao Extra Verde® 1 mL e Extra Verde® 1 mL isolado, com valores de 8.393.448, 7.636.232 e 7.295.478 $\mu\text{g/g}$ matéria fresca respectivamente, não diferiram estatisticamente entre si e foram superiores aos demais tratamentos. A argila caulínica, tratamento que obteve maior teor de clorofila a, apresentou um acréscimo de 3.716.535 $\mu\text{g/g}$ matéria fresca, a qual corresponde aproximadamente 56% maior em comparação com a testemunha. Os demais tratamentos,

argila caulínica + Extra Verde® 2 mL, argila micronizada + Extra Verde® 1 mL, argila micronizada, Extra Verde® 2 mL e argila micronizada + Extra Verde® 2 mL apresentaram valores semelhantes e não se diferenciaram estatisticamente entre si. A testemunha obteve os menores teores de clorofila a.

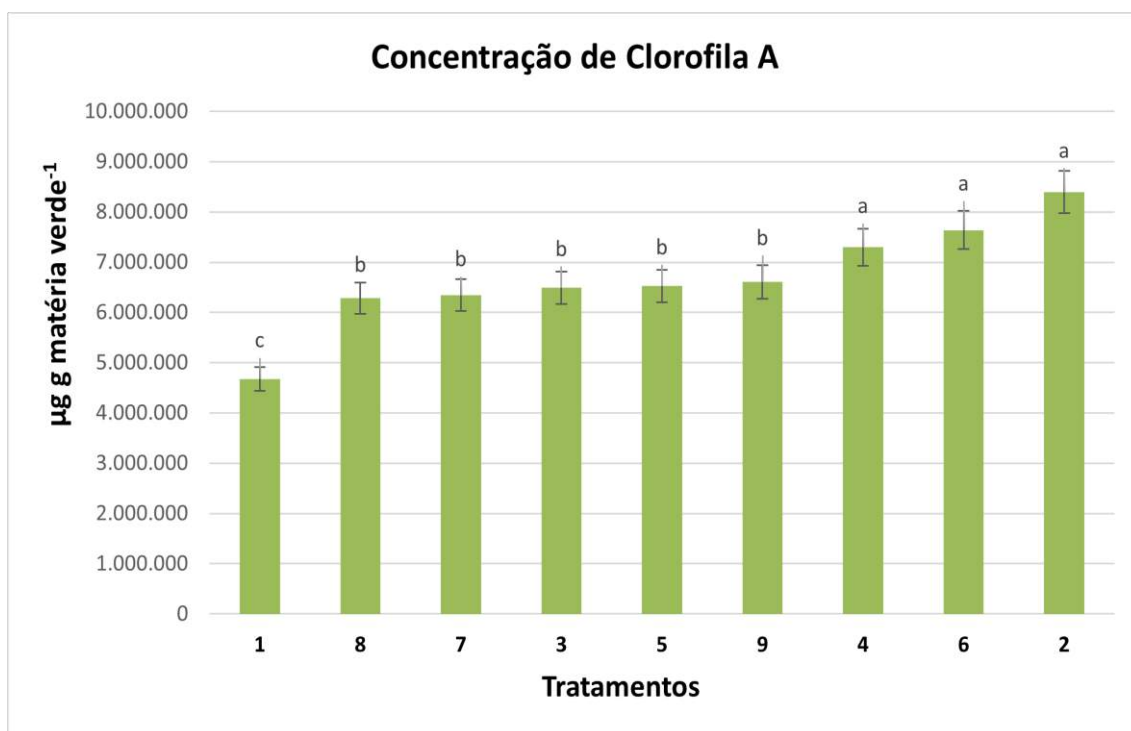


Figura 6. Teores de clorofila a ($\mu\text{g/g}$ matéria fresca) quantificados em folhas de cafeeiro em função dos diferentes tratamentos.

* Médias seguidas da mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Para os teores de clorofila b, houve diferença estatística entre os tratamentos (Figura 7). As concentrações variaram de 1.688.375 na testemunha a 2.993.550 $\mu\text{g/g}$ matéria fresca de clorofila b no tratamento 2, sendo ele argila Caulínica utilizada isoladamente. Os tratamentos Argila Caulínica, Argila Caulínica + Extra Verde® 1 mL e Extra Verde® 1 mL apresentaram maiores teores de clorofila b nos tecidos foliares e não se diferenciaram estatisticamente. O tratamento testemunha foi inferior a todos os outros tratamentos testados. Os demais tratamentos obtiveram valores semelhantes e não diferenciaram estatisticamente, possuindo aproximadamente de 30 a 65% a mais de clorofila em seus tecidos vegetais quando comparado a testemunha.

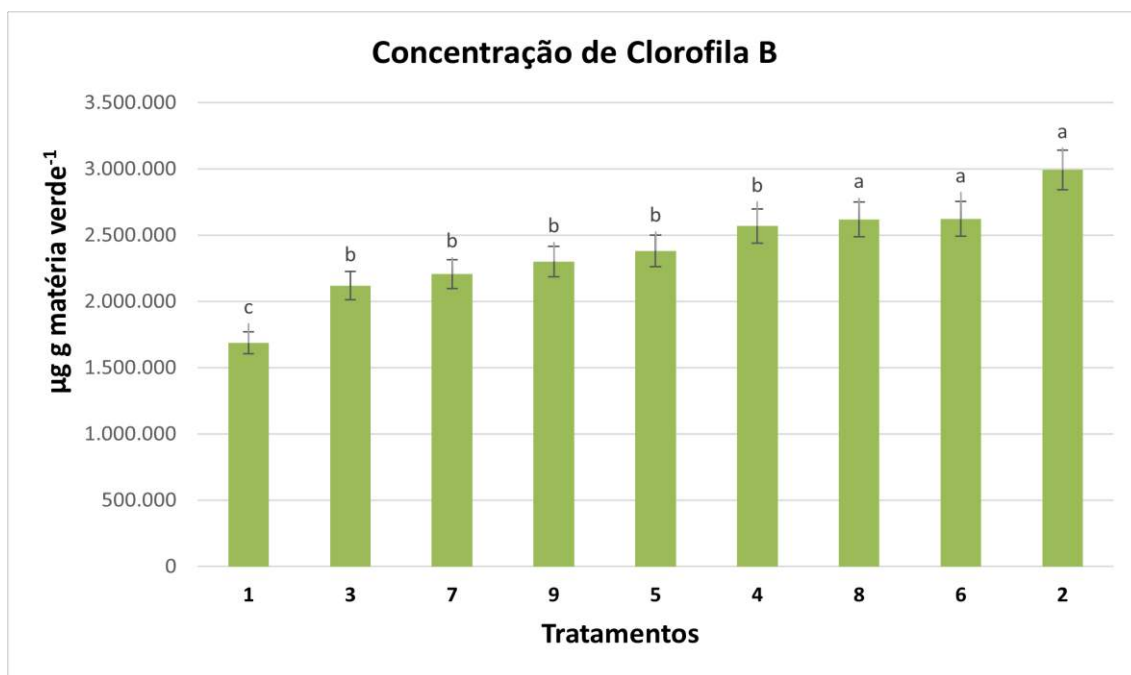


Figura 7. Teores de clorofila b ($\mu\text{g/g}$ matéria fresca) quantificados em folhas de cafeeiro em função dos diferentes tratamentos.

* Médias seguidas da mesma letra, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

5 CONCLUSÃO

Desta forma, diante dos dados apresentados neste projeto, podemos concluir que a utilização da argila caulínica foi o tratamento mais promissor, se destacando dos demais em todos os parâmetros comparativos, obtendo maiores níveis de concentrações de clorofila a e b, menor índice da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e menor número de folhas infectadas por cercosporiose do cafeeiro. Todos os demais tratamentos se diferenciaram significativamente da testemunha, demonstrando potencial de estudo através da adequação na utilização da cafeicultura atual como uma ferramenta complementar no manejo de doenças e distúrbios fisiológicas causados pelo excesso de temperatura, diminuindo os prejuízos causados pelos mesmos e contribuindo para uma atividade mais sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, A. Impacts of Kaolin and Pinoline foliar application on growth, yield and water use efficiency of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under water deficit: A comparative study. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 3, p. 256–268, 2019.

ABRAHÃO, S.A.; PEREIRA, R.G.F.A.; DUARTE, S.M.D.S.; LIMA, A.R.; ALVARENGA, D.J.; FERREIRA, E.B. **Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.)**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 2, p. 414-420, 2010.

ABREU, D. P. et al. Aplicação de Surround® WP, um filme de partículas inorgânicas a base de caulim, em *Coffea canephora*. In: **Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras**, 42, 2016, Serra Negra, SP. Produzir mais café, com economia, só com boa tecnologia. Brasília, DF: Embrapa Café, 2016.

AYALEW, T. **Characterization of organic coffee production, certification and marketing systems: Ethiopia as a main indicator: A review**. *Asian J Agric Res*, v.8, p.170–180, 2014.

BERNARDO, S. et al. Kaolin particle film application lowers oxidative damage and DNA methylation on grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 139, p. 39–47, 2017.

BOARI, F. et al. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 29–37, 2016.

BOTELHO, D. et al. **Cercosporiosis resistance in coffee germplasm collection**. *Euphytica*, v. 213, n. 6, 2017.

CHALFOUN, S.M (1997) **Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de controle**. Lavras: UFLA/FAEPE, 96p.

CHERIF, M.; ASSELIN, A.; BELANGER, R. R. **Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp.** *Phytopathology*, v. 84, n.3, p. 236–242 , 1994.

CONAB- **Acompanhamento da safra brasileira de café, v. 9**. Safra 2022, n. 4-Quarto levantamento, Brasília, p. 1-53, Dezembro 2022. Acesso: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>.15 de fevereiro de 2023.

CUSTÓDIO, A. A. P.; POZZA, E. A.; GUIMARÃES, S. S. C.; KOSHIKUMO, E. S. M.; HOYOS, J. M. A.; SOUZA, P. E. **Comparison and validation of diagrammatic scales for brown eye spots in coffee tree leaves.** *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 35, n. 6, p. 1067-1076, nov/dez, 2011.

DAVIS, AP.; GOVAERTS, R; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. **An annotated taxonomic conspectus the genus Coffea (Rubiaceae).** *Botanical Journal of the Linnean Society, Londres*, v. 152, n. 4, p. 465-512, 2006.

DINIS, L. T. et al. Kaolin-based, foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grapevine leaves exposed to heat and high solar radiation. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 47–55, 2016.

FRIONI, T. et al. Understanding kaolin effects on grapevine leaf and whole-canopy physiology during water stress and re-watering. *Journal of Plant Physiology*, v. 242, 2019. GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. **Particle Films: A New Technology for Agriculture.** *Horticultural Reviews*, v. 31, p. 1–44, 2005.

GLENN D.M.; PUTERKA, G.J. **Particle Films: A New Technology for Agriculture.** *Horticultural Reviews*, v. 31, p.1-43, 2005.

GODOY, C.V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C.L. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. ed. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas.** 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997, 776p.

MATIELLO, J. B; Escaldadura em folhas e frutos do cafeeiro. **Agro Link**; Publicado em 25/07/2019 às 13:32h. Acesso em: https://www.agrolink.com.br/noticias/escaldadura-em-cafeeiros-pode-ser-parcialmente-recuperada_422458.html#:~:text=recupera%C3%A7%C3%A3o%20na%20folhagem,-,A%20escaldadura%20ocorre%20quando%20a%20planta%20absorve%20uma%20grande%20quantidade,devido%20%C3%A0%20morte%20dos%20tecidos. Acesso em: 14 jun. 2022.

OESTREICH-JANZEN, S. **Chemistry of Coffee.** Elsevier Inc., 2010.

PEREIRA, I. S. et al. How does the physiological activity and growth of tomato plants react to the use of a soil-mineral compound? **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 13, n. 2, p. 248–258, 2019.

POZZA, E. A.; CARVALHO, L. C.; CHALFOUN, S. M. Sintomas de injúrias causadas por doenças em cafeeiro. In Guimarães, R. J. Mendes, A. N. G.; Baliza, D. P. (Eds.), **Semiologia do cafeeiro: Sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas.** Lavras: Editora UFLA, p. 68-106, 2010.

- RODRIGUES, F.A. & ROMEIRO. R.S. **Indução de resistência em plantas a patógenos**. Viçosa, UFV. 2007. 340 p.
- SANTINATO, R.; SANTINATO, F.; ECKHARDT, C.F.; RODA, N. De M.; VIEIRA, L.C. **42º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, Serra Negra, SP.
- SILVA, V.A.; COLARES, M. F. B.; ANDRADE, F. T.; LIMA, L.A. **Viabilidade econômica da cafeicultura consorciada com mamão no norte de Minas Gerais**. *Coffee Sci.* 8: 519529. 2013.
- SOUZA, A. G. C. et al. **Infection process of *Cercospora coffeicola* on coffee leaf**. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 159, n. 1, p. 6-11, Jan. 2011.
- SOUZA, F. F. et al. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Porto Velho, 2003. 23 p.
- TALHINHAS, P. et al. **The coffee leaf rust pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half centuries around the tropics**. *Molecular Plant Pathology*, v. 18, n. 8, p. 1039–1051, 2017.
- ZAMBOLIM, L. Doenças do Cafeeiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Org). **Manual de fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Ceres, v. 21, p. 193–213, 2016.
- ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R., COSTA, H. **Controle integrado das doenças de hortaliças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1997.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do cafeeiro. In: KIMATI, A. et al. **Manual de fitopatologia**. *Agronômica Ceres*, v. 2, p. 165–180, 2005.