

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS LARANJEIRAS DO SUL  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LUIS CARLOS DE AZEVEDO JUNIOR**

**PROTEÇÃO DE MUDAS DE CAFEIRO À FERRUGEM COM APLICAÇÃO DE  
ÓLEO DE NEEM, SILÍCIO, PRÓPOLIS E *Bacillus subtilis***

**LARANJEIRAS DO SUL - PR**

**2023**

**LUIS CARLOS DE AZEVEDO JUNIOR**

**PROTEÇÃO DE MUDAS DE CAFEIRO À FERRUGEM COM APLICAÇÃO DE  
ÓLEO DE NEEM, SILÍCIO, PRÓPOLIS E *Bacillus subtilis***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Franzener

**LARANJEIRAS DO SUL - PR**

**2023**

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Azevedo Junior, Luis Carlos de  
PROTEÇÃO DE MUDAS DE CAFEEIRO À FERRUGEM COM  
APLICAÇÃO DE ÓLEO DE NEEM, SILÍCIO, PRÓPOLIS E Bacillus  
subtilis / Luis Carlos de Azevedo Junior. -- 2023.  
39 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Franzener

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR, 2023.

1. café. 2. Ferrugem. 3. Produtos Alternativos. I.  
Franzener, Gilmar, orient. II. Universidade Federal da  
Fronteira Sul. III. Título.

LUIS CARLOS DE AZEVEDO JUNIOR

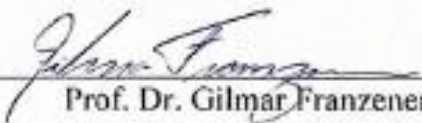
**PROTEÇÃO DE MUDAS DE CAFEIEIRO À FERRUGEM COM APLICAÇÃO DE ÓLEO DE NEEM, SILÍCIO, PRÓPOLIS E *BACILLUS SUBTILIS***

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- *Campus* Laranjeiras do Sul (PR)

Orientador: Prof. Dr. Gilmar Franzener

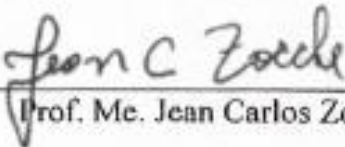
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 14/02/2023.

BANCA EXAMINADORA



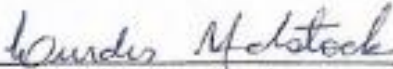
---

Prof. Dr. Gilmar Franzener



---

Prof. Me. Jean Carlos Zocche



---

Eng. Agr. Lurdes Mundstock

Dedico este trabalho aos meus pais, que não  
pouparam esforços para que eu pudesse  
concluir meus estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me deu força e saúde, e que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas em todos os momentos.

Agradeço a Universidade Federal da Fronteira Sul, pela oportunidade de fazer o curso.

Agradeço aos meus pais, que nunca deixaram de me apoiar e me ajudar, por todo o zelo e dedicação de sempre.

Ao professor Gilmar Franzener, que me orientou, apoiou. Obrigado por exigir mais do que eu acreditava que seria capaz de realizar. Reconheço aqui minha eterna gratidão pelo partilho de seu conhecimento e tempo, bem como sua amizade.

Agradeço a todos os professores que me ajudou nesse caminho.

Agradeço a colega Lurdes e demais, pela ajuda no laboratório e ensinamentos.

Não poderia deixar de agradecer minha namorada Tainara, que sempre esteve comigo me apoiando.

Obrigado a todos !

## RESUMO

A principal doença do café é a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e seu manejo é difícil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o controle alternativo da ferrugem do cafeeiro pelo óleo de neem, suspensão de silício, extrato etanólico de própolis (EEP) e suspensão de *Bacillus subtilis*. Foram conduzidos experimentos *in vitro* com uredósporos e *in vivo* com plantas de cafeeiro. Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram: suspensão de *Bacillus subtilis*, obtidos através do produto comercial Serenade® (10 mL diluídos em 1,5 litros de água); óleo de neem obtidos através do produto comercial Neenmax® 0,12% m/m de *Azadiractina* (10 mL para 1 L de água); sílica de forma pura (SiO<sub>2</sub>) e na peneira de 25 µm misturas na proporção 0,2 g em 100 mL; EEP foi preparado utilizando 20% (m/v) de própolis abelhas *Apis mellifera* em álcool etílico de cereais 70%; e uma testemunha contendo apenas água. No experimento com plantas de cafeeiro foi utilizada a cultivar Mundo Novo, que recebeu os tratamentos por pulverização, e após 72 horas a inoculação com o patógeno. O experimento foi em casa de vegetação e foram consideradas todas as folhas das mudas que receberam os tratamentos e avaliada a presença de sinais da doença. No experimento *in vitro* foi avaliada a porcentagem de esporos germinados e o tamanho de tubos germinativos de uredósporos submetidos aos tratamentos sobre meio ágar-água. O EEP e suspensão de *Bacillus subtilis*, promoveram redução significativa comparado a testemunha no número de folhas com sinais e número de folhas por pústulas. Suspensão de *Bacillus subtilis*, EEP e óleo de neem promoveram redução significativa na germinação de uredósporos. O óleo de neem e extrato etanólico de própolis apresentaram redução significativa no tamanho dos tubos germinativos. Os resultados obtidos demonstram o potencial de *Bacillus subtilis*, EEP e óleo de neem no controle da ferrugem do cafeeiro.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, controle preventivo, *Hemileia vastatrix*

## ABSTRACT

Coffee (*Coffea arabica*) is one of the most important crops for the Gross Domestic Product (GDP) of Brazil. The main coffee disease is rust (*Hemileia vastatrix*), its control is difficult. The objective of this work was to evaluate the alternative control of coffee rust by neem oil, silicon suspension, propolis ethanolic extract (EEP) and *Bacillus subtilis* suspension. *In vitro* experiments with uredospores and *in vivo* with coffee plants were treated. The experiments were maintained in a completely randomized experimental design with 5 treatments and 4 replications. The treatments used were: suspension of *Bacillus subtilis*, obtained through the commercial product Serenade® (10 mL diluted in 1.5 liters of water); neem oil obtained from the commercial product Neenmax® 0.12% w/w of *Azadirachtin* (diluted 10 mL to 1 L of water); silica in pure form (SiO<sub>2</sub>) and in the 25 µm mixed in proportion 0.2 g in 100 mL;. EEP was prepared using 20% propolis compound *Apis mellifera* and 80% ethyl grain 70% alcohol; and a control containing only water. In the experiment with coffee plants, the Mundo Novo cultivar was used, which received treatments by spraying, and after 72 hours inoculations with the pathogen. The experiment was carried out in a greenhouse and all the leaves of the seedlings that received the treatments and evaluations for the presence of signs of the disease were considered. No *in vitro* experiment evaluated the percentage of germinated spores and the size of germ tubes of uredospores admitted to treatments on agar-water medium. The EEP and suspension of *Bacillus subtilis* promoted a significant reduction compared to control in the number of leaves with signs and number of leaves with pustules. *Bacillus subtilis* suspension, EEP and neem oil promoted a significant reduction in uredospore germination. Neem oil and propolis ethanol extract showed a significant reduction in the size of germ tubes. The results demonstrated the potential of *Bacillus subtilis*, EEP and neem oil in the control of coffee rust.

Keywords: *Coffea arabica*, preventive control, *Hemileia vastatrix*



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Médias de folhas com sinais e números de pústulas de *Hemileia vastatrix* em plantas de cafeeiro, tratadas com diferentes produtos alternativos após 30 dias da inoculação.....23
- Tabela 2.** Médias de folhas e números de pústulas de *Hemileia vastatrix* em plantas de cafeeiro, tratadas com diferentes produtos alternativos após 37 dias da inoculação.....24
- Tabela 3.** Efeito dos tratamentos alternativos para área abaixo da curva de progresso de folhas com pústulas (AACFPF), área abaixo da curva de progresso de pústulas por plantas (AACPPP) e área abaixo da curva de progresso de pústulas por folhas (AACPPF), para ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em mudas.....24
- Tabela 4.** Porcentagem de germinação de uredósporos da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em função das aplicações dos tratamentos alternativos.....26
- Tabela 5.** Tamanho dos tubos germinativos ( $\mu\text{m}$ ) de uredósporos da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em função das aplicações dos tratamentos alternativos.....27

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVOS.....	11
1.1.1	Objetivo Geral.....	11
1.1.2	Objetivo Especifico.....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
2.1	CULTURA DO CAFÉ.....	11
2.1.1	Cultivar Mundo Novo.....	13
2.2	FERRUGEM DO CAFEIRO.....	13
2.3	FORMAS DE PROTEÇÃO.....	15
2.3.1	Óleo de Neem.....	17
2.3.2	Silício.....	17
2.3.3	<i>Bacillus subtilis</i> .....	18
2.3.4	Extrato Etanólico de Própolis.....	18
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1	EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	19
3.2	EXPERIMENTO <i>IN VITRO</i> .....	21
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O café é considerado uma das especiarias tropicais mais negociadas no mundo, seus consumidores vêm cada vez mais aumentando e na mesma proporção mais exigentes. Se estima que no mundo, 400 bilhões de xícaras de café são consumidas diariamente (CAMPO & NEGÓCIOS, 2021). Segundo ABIC (Associação Brasileira de Indústria do Café), o café é cultivado em mais de 70 países, sendo responsável pela renda de 120 milhões de pessoas, principalmente pela agricultura familiar nos países em desenvolvimento (Organização Internacional do Café, 2013).

Sendo uma das culturas mais importantes para o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, o café contribui para formação de empregos diretos e indiretos, sendo que em 2020 teve uma produção recorde de 63 milhões de sacas (CONAB, 2021). Com isso o Brasil é o maior produtor de café do mundo, seguido por Vietnã e Colômbia (MARTINS, 2021). Se estima que em 2022 a safra foi de 50,38 milhões de sacas, devido alterações de climas houve queda na produção (CONAB, 2022).

O café possui suscetibilidade a várias doenças que podem ocorrer tanto na fase de viveiro, quanto no campo. Quando surgem casos de alguma delas, a cultura pode sofrer prejuízos na produtividade e qualidade do café, além de onerar a produção. Entre as doenças que causam perdas, a ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. Et Br.) é a principal, podendo reduzir a produção (AGROslim, 2022).

A ferrugem causa danos que são principalmente indiretos, pela desfolha excessiva associada na época de colheita. Esta queda precoce das folhas resulta em menor desenvolvimento da florada, menor vingamento dos chumbinhos e também pode ocorrer seca dos ramos plagiotrópicos, comprometendo em casos graves em mais de 50%, a produção do cafeeiro (GREE, 1993; ZAMBOLIM *et al.*, 1997).

Segundo Vegro & Ferreira (2000), o controle químico da ferrugem do cafeeiro é eficiente e econômico, mas é muito agressivo ao meio ambiente. O uso intensivo de agrotóxicos tem um alto número de impacto negativos, tanto dentro, quanto fora do agroecossistema. Uso abusivo de agrotóxicos aumenta a dependência, pois provoca desequilíbrios biológicos que diminuem os inimigos naturais das pragas e doenças de plantas, favorecendo a reincidência de altas populações das pragas e doenças (ressurgência), assim como o aparecimento de novas pragas que estavam sob controle natural (CAMPANHOLA *et al.*, 1998).

O uso de extratos vegetais, microrganismos, óleos essenciais e aminoácidos, se enquadram em algumas estratégias de controle alternativo de doenças em plantas (BASTOS *et al.*, 2004). Outra técnica é a de resistência induzida nas plantas, que se baseia na indução de barreiras e mecanismos de defesa já existentes, independente da presença do patógeno ao sítio de infecção. Deve-se destacar que as plantas possuem outros mecanismos de defesa, ainda mais eficientes, mas esses permanecem inativos ou latentes, só sendo acionados ou ativados após serem elas expostas a agentes de indução bióticos ou abióticos. Nessas situações, a resistência é dita induzida. Diversas espécies de plantas são capazes de perceber as agressões, e sua capacidade de adaptação permite que sobrevivam, mesmo tendo muitas vezes seu desenvolvimento prejudicado (BONALDO, 2005). Vários estudos comprovam que a indução de resistência é um efeito local e/ou sistêmico nas plantas sendo efetivo contra diferentes tipos de patógenos (KESMANN *et al.*, 1994).

Como grande parte dos cafezais do Brasil são suscetíveis a ferrugem, existe o intenso uso de produtos químicos nesse controle, que podem apresentar impactos negativos ao meio ambiente e a saúde humana. A atual pesquisa busca métodos alternativos de controle que sejam eficientes, baratos e que tenham menor impacto ambiental.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar produtos alternativos de controle da ferrugem do cafeeiro.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Avaliar o controle preventivo da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) através da proteção por aplicação de óleo de neem, suspensão de silício, extrato etanólico de própolis e suspensão de *Bacillus subtilis*.

Avaliar *in vitro* o efeito antifúngico de produtos alternativos sobre os uredósporos da *Hemileia vastatrix*.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CULTURA DO CAFÉ

A planta do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é um arbusto de crescimento contínuo, que possui dimorfismo de ramos (CARVALHO *et al.*, 1950; RENA & MAESTRI, 1986), podendo

atingir 2 a 4 m de altura, conforme condições climáticas da região. Possui um caule cilíndrico, pouco tenro, de coloração branco amarelado e dois tipos de ramos: ortotrópico (do grego orthós: reto, normal) e plagiotrópicos (do grego plágios: oblíquo, transversais). A principal raiz do cafeeiro é pivotante e amplamente ramificada na camada superior do solo. A estrutura que é pivotante das raízes é pequena, grossa e termina abruptamente, sem penetrar mais que 30 a 50 cm da superfície do solo. As raízes que absorvem água e nutriente são curtas, com diâmetros inferiores a 1,0 m, esbranquiçadas e possuem pelos radiculares absorventes, numa extensão de 3 a 5 m da ponta das mesmas. Essas raízes são responsáveis pela absorção de 75 % das necessidades de água e nutrientes orgânicos e minerais, as quais diferem das demais por não serem estruturas permanentes, mas que se renovam constantemente (FERRAS, 2013).

As primeiras mudas de café chegaram em 1727 no Brasil, mais precisamente na cidade de Belém (Pará), trazidas da Guiana Francesa pelos navegadores. Nessas primeiras plantações não houve sucesso em razão do clima da região. Mas quando o cultivo de café começa no Sudeste do país, a produção de café ganha grandes proporções e altas produções, com o início do plantio nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Desde então, o café se transforma em um dos produtos de maior exportação, com importância socioeconômica para o país. No período de Império, o café foi um dos produtos base da economia, estando até mesmo presente na bandeira do Brasil Império (CNC, 2022). Atualmente existem duas espécies principais de café que possui importância econômica, café Arábica (*Coffea arábica*) que corresponde 60% da produção mundial, e o café Robusta (*Coffea canephora*) que é uma espécie silvestre e que é menos cultivado, mas essencial para a produção industrial de café solúvel (ICO, 2022). Minas Gerais é o principal estado produtor de café do Brasil, o segundo é o Espírito Santo, produzindo principalmente o Robusta e como terceiro o estado de São Paulo com produção basicamente de Arábica (ICO, 2022).

O café é uma das culturas que mais contribuem para o PIB brasileiro, criando empregos diretos e indiretos. No Brasil estimasse que a área de cultivo de café arábica em 2022 seja de 1.452.577 hectares enquanto do café robusta seja de apenas 388.951 hectares, sendo que em 2020 teve uma produção recorde de 63 milhões de sacas (CONAB, 2021). Com isso o Brasil é o maior produtor de café do mundo, seguido por Vietnã e Colômbia (MARTINS, 2021). O consumo per capita de café torrado no Brasil é de aproximadamente 4,84 kg (ABIC, 2022), mas a maior parte da produção de café não fica no Brasil, no período de janeiro e novembro de 2022 foram exportadas 32.622.974 sacas de 60 kg de café beneficiado, trazendo uma receita cambial de US\$ 7.839.864 (CECAFÉ, 2022).

### 2.1.1 Cultivar Mundo Novo

Os primeiros experimentos de seleções da cultivar Mundo Novo foram realizadas em 1943 na Fazenda Aparecida, localizada no município antigamente denominado Mundo Novo, atual Urupês, do Estado de São Paulo. Este primeiro cultivo foi proveniente das 18 plantas matrizes selecionadas das Estações Experimentais do Instituto Agrônomo em Jaú, Pindorama, Mococa, Ribeirão Preto, e Campinas. O estudo das seis primeiras produções dessa cultivar demonstrou ser um café com características valiosas, por ter uma elevada produção e boa rusticidade (CARVALHO, 1952).

As diversas plantas de linhagens da cultivar Mundo Novo possuem elevada capacidade de adaptação, produzindo bem em quase todas as regiões cafeeiras do Brasil. Em razão de possuir grande vigor vegetativo, os espaçamentos para o sistema adensado com essa cultivar deverá ser maior que o normal utilizado com cultivares de baixo porte. Por ter ótima capacidade de rebrota, são especialmente indicadas para sistemas onde se utiliza a técnica de recepa ou o decote para reduzir a altura das plantas (FERRAS, 2013).

Plantas das linhagens Acaia também têm boa capacidade de adaptação às diversas regiões cafeeiras do Brasil e podem ser especialmente usadas para o plantio adensado, pois apresentam ramos laterais curtos e maturação uniforme. Outra característica que a diferencia das demais cultivares são as sementes, maiores entre as linhagens do Mundo Novo. É uma cultivar especialmente indicada quando se pretende utilizar colheita mecânica na área (FERRAS, 2013).

## 2.2 FERRUGEM DO CAFEIEIRO

Causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., necessita de condições favoráveis como temperaturas entre 21°C e 25°C, umidade relativa do ar elevada em torno de 85%, e baixa luminosidade. As infestações são potencializadas em lavouras muito adensadas e épocas de chuvas (VILELA, 2022). Até o ano de 2001 foram constatadas 33 raças do fungo, sendo que no Brasil a que mais predomina e se encontra é a raça II. O ataque deste fitopatógeno afeta fisiologicamente e fisicamente as plantas, diminuindo capacidade fotossintética, transpiração e condutância dos estômatos (ALVES *et al.*, 2011; GORTARI *et al.*, 2017). Segundo Bedendo (2011), as principais formas de disseminação são o vento, respingo de água da chuva, pelo homem e animais que podem entrar em contato com os esporos. Após os uredósporos caírem

na face inferior das folhas, tendo condições de água livre, temperatura ideal e escuro os esporos germinam entre 3 a 6 horas (RIJO & RODRIGUES, 1978).

Após a germinação, os esporos formam os apressórios para penetrar nos hospedeiros através dos estômatos, também com a produção de hifas que crescem na câmara subestomática, colonizando os tecidos internos (TALHINHAS *et al.*, 2016). Com três semanas após início da infecção, aparecem as pústulas de cor alaranjadas, sinal característico da doença (RIJO & RODRIGUES, 1978; SILVA *et al.*, 2006).

A ferrugem do cafeeiro é causada por um fungo biotrófico, seus sintomas surgem na face inferior da folha. No início as manchas são pequenas, variando de 1 a 3 mm de diâmetro, de coloração amarelo-pálida. Com o passar do tempo, as manchas podem chegar até 2 cm de diâmetro e passam a exibir coloração amarelo-alaranjada e aspecto de pulverulência. Nessa fase é possível verificar lesões cloróticas amarelas na face superior da folha, correspondendo em pústulas existentes na face inferior. Depois as lesões aumentam de tamanho, e o centro fica com aspecto necrótico. Quando a desfolha dos cafeeiros provocada pela ferrugem ocorrer antes da indução floral, ou durante o desenvolvimento e enchimento dos frutos respectivamente, ocorrerá à redução da floração e à má formação dos grãos (GODOY *et al.*, 1997).

A ferrugem pode provocar perdas na produção que podem chegar de 35 a 50% em média de biênio, dependendo da suscetibilidade da cultivar, carga pendente, umidade do ambiente e estado nutricional da planta (ZAMBOLIM *et al.*, 1997). Folhas jovens são mais sensíveis e suscetível aos ataques do patógeno, em folhas já desenvolvidas o ataque é dificultado devido características de seus tecidos que constituem o limpo foliar (BEDENDO, 2011). Muitas cultivares de cafeeiros apresentam resistência completa para a maioria das raças de ferrugem, como as cultivares Iapar 59, Obatã IAC1669-20, Oeiras, Tupi IAC1669-33 e outras. A maioria derivada dos germoplasmas Catimor e Sarchimor. Entretanto, vem ocorrendo de forma aumentativa a quebra de resistência por novas raças do patógeno em cultivares, antes consideradas resistentes como as originadas do germoplasma Catimor (VÁRZEA *et al.*, 2002).

As épocas de maior intensidade da doença começam em dezembro e janeiro e vai aumentando infestações até alcançar o pico em junho e julho, podendo variar de acordo com altitude. Em anos com colheita elevada, a incidência da doença pode chegar até 90% nas variedades que são suscetíveis (ZAMBOLIM, 2016).

### 2.3 FORMAS DE PROTEÇÃO

No Brasil o controle da ferrugem começou em 1970, com apenas produtos à base de cúpricos, seguindo orientações de estudos feitos na África, especialmente no Quênia. As doses inicialmente eram muito altas, na faixa de 5 a 7 kg/ha de fungicida com 50% de cobre metálico. Com trabalhos no Brasil, entre 1970 e 80, ficou demonstrado pelos testes, que deveria reduzir as dosagens para 2 a 4 kg/h. A partir de 1980 começou a se utilizar os fungicidas do grupo dos triazóis, via foliar ou via solo, possuindo eficiência no controle da ferrugem, com modo de ação protetivo e curativo. Mas recentemente, como a ferrugem adquiriu resistência aos triazóis, as novas indicações são formulações associando triazóis com estrubirulinas (CANHETE, 2009).

Como os produtos químicos são agressivos ao ambiente e saúde humana, estão sendo feitas pesquisas sobre produtos alternativos para controle da ferrugem, um exemplo é o trabalho de Costa *et al.* (2007) que demonstrou redução de 77 % a infecção da ferrugem utilizando extratos aquosos de folhas de café, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas putida*.

As plantas possuem muitos mecanismos de defesa eficientes, mas que segundo Bonaldo (2005), aparentemente permanecem inativos ou latentes, só sendo acionados ou ativados, expressando-se, após serem elas expostas aos agentes de indução. Nesse caso, a resistência é dita induzida, pois quando as plantas percebem as agressões, elas utilizam de sua alta capacidade de adaptação, permitindo assim que sobrevivam, mesmo tendo muitas vezes seu desenvolvimento prejudicado. A resistência induzida compreende em aumentar a proteção das plantas ao ataque de insetos e patógenos, utilizando produtos denominados indutores e sem alterar a composição genética da planta. Este método é simples de utilizar e tem um custo relativamente baixo (ALMEIDA *et al.*, 2008).

A indução da resistência, além de ser ativada devido a infecção localizada, pode ser também por tratamentos com componentes ou produtos microbianos ou ainda através de compostos orgânicos ou inorgânicos (BONALDO *et al.*, 2005). No controle de insetos fitófagos uma das estratégias estudadas é a indução de produção de proteínas de defesa, como os inibidores de proteases (IPs) que tem ação de inibir as proteases digestivas dos insetos, reduzindo disponibilidade de aminoácidos para a síntese de proteínas necessárias ao crescimento e desenvolvimento normal do inseto (MARINHO *et al.*, 2008). O extrato de *Melia azedarach* L. atua como um eliciador nas respostas de defesa vegetal em mudas de maracujá induzindo aumento significativo dos níveis de uma fitocistatina presente nessas plantas. As fitocistatinas são substâncias que pertencem à família dos inibidores das cisteína proteinases.



Esses inibidores de proteínase têm funções específicas na defesa da planta contra o ataque de insetos e patógenos (RODRIGUES & SIQUEIRA, 2021).

Alguns fungos sapróbios e outros microrganismos presentes no ambiente possuem relação simbióticas com as plantas, sendo bem complexa, porém trazendo vários benefícios às plantas hospedeiras quando bem utilizado, tais como proteção a fitopatógenos e promoção de crescimento (DUTTA *et al.*, 2014; AZEVEDO, 2014). Um dos auxílios promovido por essa simbiose é a produção de substâncias antimicrobianas pelos organismos, que tem efeito direto aos patógenos, afetando metabolismo e/ou degradando suas estruturas (MBARGA *et al.*, 2012; ATANASOVA *et al.*, 2013).

Os óleos essenciais extraídos de plantas vem sendo ótimas opções no controle de doenças, com grande potencial a ser explorado pela agricultura, principalmente por ter baixa toxicidade para animais e baixo impacto no ambiente, quando comparados aos controles convencionais de doenças (PINTO *et al.*, 2014). Possuindo efeito fungicida quanto fungistático, tendo relação direta com os princípios ativos presentes, podendo apresentar componentes químicos em concentrações distintas, normalmente um composto principal e outros em concentração menor, mas não de menor importância (SIMÕES e SPITZER, 2000).

A nutrição equilibrada também é um fator a ser considerado como proteção da planta, quando ocorre desequilíbrios na nutrição se diminui resistência e expõe a planta, podendo ser excesso ou falta de adubações (POZZA *et al.*, 2001). O potássio é um elemento mineral que proporciona maior resistência, pois engrossa parede celular e a espessura das cutículas das folhas. O nitrogênio é essencial para as sínteses de fitoalexinas, taninos e lignina, não podendo ocorrer deficiências, mas também em excesso pode ser prejudicial, devido à demanda de carbono para a fotossíntese, assim comprometendo a produção de metabolismo secundários (POZZA *et al.*, 2001).

Para um bom desempenho inicial da lavoura, as mudas devem ser preparadas por pessoas treinadas. Deve se ter cuidados desde a escolha da semente para o plantio, priorizando sementes saudáveis e vindas de lavouras com histórico confiável, como também a escolha de um substrato adequado que irá garantir completa nutrição da muda até o momento de plantio (ANDRADE NETO *et al.*, 1999). Cuidados assim devem ser combinados com escolha adequada de adensamento de plantio, se evitando altos números de plantas por hectare, para não se ter microclimas que favoreceram desenvolvimento de doenças, como também deve existir manejos posteriores ao plantio, como a poda e desbrota do café, para se manter uma boa produção (MANCUSO, 2013).

### 2.3.1 Óleo de Neem

*Azadirachta indica* (Meliaceae) conhecida popularmente por neem, é caracterizada por ser uma frondosa árvore, presente em regiões tropicais tendo grandes indícios de ser originada da Ásia. É empregada há tempos não só em medicina e cosmética como também na agricultura, sendo empregada como praguicida, através de seu extrato oleoso (BEVILACQUA *et al.*, 2008).

Alguns estudos envolvendo o uso de extratos de folhas em cultura líquida mostraram inibição do crescimento vegetativo de *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum*, e têm se provado a atividade antifúngica dos extrato de neem com efeitos fungitóxicos *in vitro* e efeito fungistático com a paralisação do desenvolvimento micelial sobre fungos fitopatogênicos, tais como *Aspergillus flavus*, *Diaporthe phascolorum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium verticillioides* e *Sclerotinia sclerotiorum* (MOSSINI; KEMMELMEIER, 2004).

Autores como Carneiro (2007), observaram diminuição da área foliar lesionada por oídio em tomateiros com aplicações de óleo de neem nas concentrações 0,25 e 0,5 %. Do mesmo modo Sousa (2012), em seu estudo sobre óleos essenciais, o tratamento com óleo de neem apresentou as menores lesões de *C. gloeosporioides* em pimenta. Já quando utilizadas aplicações de suspensão aquosa de extratos de óleo de neem, por meio de pulverização foliar, sobre as culturas de tomate e pimenta, em casa de vegetação e no campo, houve não só a redução da incidência de doença como também aumento de rendimento, produzindo frutos mais saudáveis sem causar efeitos fitotóxicos (MOSSINI; KEMMELMEIER, 2004). Técnicas como o emprego de extratos vegetais, aminoácidos, microrganismos e, agora, óleos essenciais, enquadram-se em estratégias de controle alternativo de patógenos de planta segundo Bastos *et al.* (2004).

### 2.3.2 Silício

O silício é um elemento químico de número atômico 14, muito abundante na natureza mas nunca encontrada na forma pura, estando sempre associado com outro elemento e tem sido relatado por autores como um dos elementos associados à indução da resistência em plantas. Segundo Savant *et al.* (1999) sua aplicação e absorção pelas plantas podem trazer aumento dessa resistência, principalmente para culturas que o acumulam, de acordo com Mauad *et al.* (2003). Diversas pesquisas realizadas com diferentes culturas confirmaram o potencial do silício na redução da intensidade e severidade de doenças como por exemplo em plantas de

arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas com doses crescentes desse elemento tiveram a severidade da queima-das-bainhas reduzida (RODRIGUES *et al.*, 2002).

A influência que o silício tem para alterar o desenvolvimento das doenças em plantas é possivelmente devido a ação deste elemento no tecido do hospedeiro, criando um impedimento físico e um maior acúmulo de compostos fenólicos e lignina no local que sofrera injúria. Quando ocorre esta função estrutural proporciona mudanças anatômicas nos tecidos, como as células epidérmicas com a parede celular mais grossa devido à deposição de sílica nas mesmas, desenvolvendo uma melhor arquitetura nas plantas, além de aumentar a capacidade fotossintética e a resistência às doenças (BÉLANGER; MENZIES, 2003).

### **2.3.3 *Bacillus subtilis***

*Bacillus subtilis*, uma espécie de bactéria gram-positiva, saprofítica, que é comum no solo, em esterco e composição de produtos biofertilizantes. Segundo Centurion (1990) esta bactéria é um excelente produtor de antibióticos e tem se mostrado promissor em pesquisas para controle de algumas ferrugens como *Uromyces phaseoli*.

Dentre os fatores bióticos que induzem resistência, estão as bactérias fluorescentes, as *Pseudomonas* spp., que também são exemplos das mais efetivas rizobactérias promotoras de crescimento de plantas e são responsáveis pela redução de doenças em solos naturalmente não infestados (RAAIJMAKERS; WELLER, 1998).

Um exemplo clássico de um medioquímico é a subtilina, antibiótico produzido pelo *Bacillus subtilis*. Os estudos mostram que esse composto pode agir de forma deletéria sobre ácaros fitoparasitas e insetos fitófagos sugadores e também sobre os fitopatógenos causadores de doenças de plantas. Segundo estudo de Costa, Zambolim e Rodrigues (2007), extrato aquoso de folha de café, ASM, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas putida* reduziram a infecção, causada por *Hemileia vastatrix* em mais de 77 %.

### **2.3.4 Extrato Etanólico de Própolis**

A própolis é uma substância produzida pelas abelhas através de coletas de exsudados dos botões, folhas, flores e frutos de muitas árvores e plantas (LOTTI *et al.*, 2010). Sendo uma resina pegajosa, muito flexível e macia em temperaturas quentes, ou quebradiça e dura em baixas temperaturas, também apresenta vários tons de cores, como vermelho, verde ou marrom (SILVA *et al.*, 2019). A composição química da própolis normalmente é 50% de resina vegetal, 30% de cera, 10% de óleos essenciais e aromáticos, 5% de pólen e 5% de outras substâncias, que incluem compostos minerais e orgânicos (TYLKOWSKI *et al.*, 2010). A composição da

própolis é complexa e pode variar de acordo com área geográfica e botânica da região, sazonalidade, altitude, tempo de coleta, iluminação, e disponibilidade de alimentos durante a produção (ORYAN et al., 2018).

Como a aplicação da própolis é normalmente sempre medicinal e farmacológica, outros usos vêm sendo propostos, como por exemplo os tratamentos na área veterinária, como controle de parasitas (SOUZA *et al.*, 2013) e na agricultura, como exemplo principal temos o extrato etanólico de própolis (EEP), sendo diluído em água e aplicado via pulverizações no controle de fungos fitopatogênicos das folhas (PEREIRA *et al.*, 2008).

Segundo Pereira *et al.* (2008), aplicando EEP nas folhas, isso contribui para a formação de um filme protetor que diminui a entrada e desenvolvimento de fungos, além de possuir compostos que são considerados antifúngicos. Um dos primeiros estudos sobre própolis foi de Bianchini & Bedendo (1998), esses autores verificaram que extratos aquosos nas doses de 0,1; 1,0 e 10% de própolis bruta inibiram parcialmente a bactéria *Erwinia chrysanthemi*, e na concentração de 10% inibiu totalmente as bactérias *Agrobacterium tumefaciens*; *Clavibacter michiganensis*; *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. Entretanto a bactéria *Pseudomonas syringae* mostrou-se insensível ao extrato.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

O experimento foi conduzido no município de Laranjeiras do Sul-PR, em casa de vegetação da UFFS, utilizando mudas da cultivar Mundo Novo susceptível as raças de ferrugem, possuindo em média 4 pares de folhas definitivas. Estas mudas foram feitas em saquinhos de 300 mL com substrato comercial e areia, em viveiros autorizados e regulamentado no Município de Fartura-SP. Foram adquiridas e transportadas até o Campus da UFFS em Laranjeiras do Sul, onde permaneceram em casa de vegetação, com temperatura variando de 23 a 25 °C, umidade relativa de 70% e sistema de irrigação de aspersores automatizados com capacidade de produzir uma lâmina de água de 1,25 mm/dia até o dia do experimento.

Os organismos *Bacillus subtilis*, foram obtidos através do produto comercial Serenade® da Bayer. Devido em sua bula não ter recomendação para usos contra a ferrugem do café, foi

utilizada uma dosagem de diluição média. A proporção média é de 10 mL de produto comercial diluídos em 1,5 litros de água.

O óleo de neem foi adquirido na forma comercial Neenmax® na proporção 0,12% p/p de *Azadiractina*. Esse foi diluído na proporção de 1%, sendo utilizado 10 mL para 1 L de água destilada para aplicação. O silício foi adquirido na forma de sílica pura (SiO<sub>2</sub>) e na peneira de 25 µm sendo misturado na proporção 0,2 g em 100 mL de água destilada, seguindo a recomendação de diluição presente na bula do produto comercial Rocksil®, onde um de seus principais ingredientes é a sílica.

O extrato etanólico de própolis (EEP) foi preparado utilizando a própolis bruta de abelhas europeia (*Apis mellífera*) e adicionando álcool de cereais etílico 70%, sendo utilizada proporção com base em peso/peso de própolis bruta (20%) e álcool (80%). Após homogeneização o extrato permaneceu em repouso por 15 dias, recebendo agitação diariamente por 1 minuto durante esse período. Após filtrado em filtro de papel, o extrato foi diluído na concentração de 4%.

Para obtenção dos uredósporos da ferrugem, foram coletadas folhas de cafeeiro em lavoura de campo apresentando sintomas. Seguindo orientações de Costa *et al.* (2001), os esporos foram removidos das pústulas com auxílio de pincel e armazenados em uma placa de Petri que após foi vedada. No dia da inoculação os uredósporos de *H. vastatrix* foram transferidos para 100 mL água destilada e passaram por agitação manual, com o auxílio de uma câmara de Neubauer foi feita contagem de esporos presente na suspensão, foram realizadas 10 contagens e foi obtido o resultado médio de  $1,8 \times 10^4$  esporos/mL.

Os cinco tratamentos foram aplicados via borrifadores em sua respectiva diluição nas mudas até o ponto de escorrimento nas folhas. Após 72 horas da aplicação dos produtos, as plantas receberam a suspensão com *H. vastatrix* através de aplicação via borrifador até o ponto de escorrimento na folha. As mudas foram mantidas no escuro e em câmara úmida durante 24 horas ( $24^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  U 90%) e depois voltadas as condições normais da casa de vegetação até os aparecimentos sintomas.

Para avaliação foram consideradas todas as folhas das mudas que receberam o tratamento e inoculação, demais folhas que vieram a crescer após as aplicações não foram contabilizadas mesmo que apresentassem sinais. Nas avaliações foram contadas as folhas que apresentavam sinais da ferrugem e contados os números totais de pústulas por muda, com esses dados foi calculado a média de pústulas por folhas. As avaliações dos sintomas começaram com o aparecimento dos sinais da doença, onde 23 dias após inoculação foi feita a primeira avaliação

e identificado a primeira pústula em uma planta testemunha, e após isso ocorreram mais duas avaliações a cada sete dias.

A determinação da área abaixo da curva de progresso de folhas com pústulas (AACFPF), área abaixo da curva de progresso de pústulas por plantas (AACPPP) e área abaixo da curva de progresso de pústulas por folhas (AACPPF), foram baseadas no modelo de cálculos proposto por Campbell; Madden (1990), onde em seus estudos demonstraram o uso de cálculos para área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} (t_{i+1} - t_i)$$

Onde, n é o número de avaliações, y a variável expressa em porcentagem e t é o período de tempo empregado nas avaliações, expresso em dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos, sendo 4 aplicações dos produtos e mais a testemunha no qual recebeu apenas água destilada e 5 repetições. Cada parcela experimental foi constituída por 4 mudas de café. Todos os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Resíduos que não tiveram normalidade no teste de Shapiro-Wilk, foram feitas transformações de dados em raiz (x + 0,5), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

### 3.2 EXPERIMENTO *IN VITRO*

O teste de germinação de esporos *in vitro* foi realizado no Laboratório de Fitopatologia da UFFS Campus de Laranjeiras do Sul, PR. Os uredósporos da ferrugem utilizados, foram coletados de folhas das mudas testemunhas que apresentavam os sintomas na casa de vegetação. Seguindo orientações de Costa *et al.* (2001). Os esporos foram removidos das pústulas com auxílio de pincel e transferidos para um Beckercontendo 10 mL de água destilada, após agitados manualmente. Com o auxílio de uma câmara de Neubauer foi feita contagem de esporos presentes na suspensão; foram realizadas 5 contagens e foi obtido o resultado médio de 2,75 x10<sup>4</sup> esporos/mL.

Para simular a superfície da folha, se utilizou lâminas de microscopia que receberam uma fina camada de 1 mL de meio de cultura ágar-ágar a 2%. Após solidificação do meio essas lâminas receberam 30 µL da suspensão de esporos e 30 µL do respectivo tratamento. Os

tratamentos foram preparados com o dobro da concentração do teste anterior, pois quando adicionado sobre os esporos o mesmo se diluiu junto a água da suspensão diminuindo a concentração. As lâminas prontas foram colocadas dentro de placas de Petri sobre um fundo de papel Germitest umedecido com 1 mL de água destilada, essas placas foram tampadas e levadas a BOD, onde permaneceram no escuro a 25°C por 6, 12 e 24 horas. Após esse período, as lâminas foram retiradas da BOD e receberam 10 µL do corante azul algodão de lactofenol para que paralisar a germinação. Na avaliação foram considerados os 100 primeiros esporos encontrados no centro da lâmina, sendo contado o número de esporos germinados e aferido o tamanho de 10 tubos germinativos com o auxílio de um microscópio que possui uma régua em sua lente. Esporos germinados foram considerados aqueles que possuíam tubo germinativo maior que seu próprio diâmetro.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos, sendo 4 aplicações dos produtos e mais a testemunha no qual recebeu apenas água destilada com 4 repetições. Todos os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, em dados que não tiveram normalidade no teste de Shapiro-Wilk, foram feitas transformações de dados em raiz ( $x + 0,5$ ), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na avaliação da média de folhas com sinais os tratamentos à base de EEP e óleo de neem tiveram redução significativa comparado a testemunha, com destaque ao óleo de neem, que apresentou redução de 54% (Tabela 1). Para número de pústulas por folhas, os tratamentos com *Bacillus*, EEP e óleo de neem tiveram redução significativa comparado a testemunha, com destaque novamente ao óleo de neem, que apresentou redução de 88,3%. Para média de pústulas por folhas apenas o tratamento com óleo de neem apresentou redução significativa comparada a testemunha, com redução de 76,4%.

Em todas as avaliações a sílica não apresentou redução com diferença significativa da testemunha.

**Tabela 1.** Médias de folhas com sinais e números de pústulas de *Hemileia vastatrix* em plantas de cafeeiro, tratadas com diferentes produtos alternativos após 30 dias da inoculação.

Tratamentos	Média de Folhas com Sinais	Média de Número de Pústulas nas Folhas	Média de Pústulas por Folhas
<i>Bacillus subtilis</i>	1,70 abc	6,90 b	4,31 bc
Extrato de Própolis	1,55 bc	7,05 b	4,89 abc
Óleo de Neem	1,15 c	2,60 b	2,34 c
Sílica	2,00 ab	20,20 a	9,93 a
Testemunha	2,50 a	22,30 a	8,91 ab
CV %	10,09	25,00	22,03

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%). Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após 37 dias da inoculação, os tratamentos com *Bacillus*, óleo de neem e EEP tiveram valores significativamente semelhantes nas médias de folhas com sinais, com redução de 40,7% para EEP e *Bacillus* e 61% para óleo de neem comparado a testemunha. O óleo de neem permaneceu apresentando o menor valor de número de pústulas nas folhas, com redução de 90,9% em relação a testemunha e o menor valor de média de pústulas por folhas, 77,4% a menos que a testemunha (Tabela 2), podendo ser visto esses resultados na Figura 1.

**Figura 1.** Comparação de número de pústulas nas folhas de mudas após 37 dias da inoculação com *H. vastatrix*, tratadas com água destilada (A) e tratadas com óleo de neem (B).



Fonte: Autor, (2022).



**Tabela 2.** Médias de folhas e números de pústulas de *Hemileia vastatrix* em plantas de cafeeiro, tratadas com diferentes produtos alternativos após 37 dias da inoculação.

Tratamentos	Média de Folhas com Sinais	Média de Número de Pústulas nas Folhas	Média de Pústulas por Folhas
<i>Bacillus subtilis</i>	1,75 b	9,75 bc	5,67 ab
Extrato de Própolis	1,75 b	19,70 ab	11,84 a
Óleo de Neem	1,15 b	2,95 c	2,68 b
Sílica	2,65 a	26,60 a	9,94 a
Testemunha	2,95 a	32,40 a	10,91 a
CV %	8,02	26,13	25,68

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%). Fonte: Elaborado pelo Autor.

O óleo de neem apresentou a menor área abaixo da curva, com redução de 57,65% na AACFPF, redução de 89,44% na AACPPP e redução de 74,525 na AACPPF comparados a testemunha. Tratamentos com *B. subtilis* e EEP tiveram redução de 63,8% e 40,5% respectivamente de AACFPF e redução de 69,5 % e 56,2% respectivamente de AACPPP comparado a testemunha. Mudanças que receberam tratamentos com sílica não apresentaram redução significativa com relação a testemunha em nenhuma avaliação de área abaixo da curva (Tabela 3).

**Tabela 3.** Efeito dos tratamentos alternativos para área abaixo da curva de progresso de folhas com pústulas (AACFPF), área abaixo da curva de progresso de pústulas por plantas (AACPPP) e área abaixo da curva de progresso de pústulas por folhas (AACPPF), para ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em mudas.

Tratamentos	AACFPF	AACPPP	AACPPF
<i>Bacillus subtilis</i>	18,03 bc	82,43 cd	50,02 ab
Extrato de Própolis	16,98 bc	118,30 bc	75,68 a
Óleo de Neem	12,08 c	28,53 d	25,79 b
Sílica	23,28 ab	234,50 ab	104,30 a
Testemunha	28,53 a	270,20 a	101,22 a
CV %	11,32	24,60	22,81

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%). Fonte: Elaborado pelo Autor.

O óleo de neem possui como princípio ativo a Azadiractina, possuindo diversas propriedades estudadas, tais como a ação inseticida, acaricida, fungicida e nematocida (ANDROCIOLO, 2008). Os principais elementos químicos do neem são uma mistura de 3 ou 4 compostos correlacionados, que podem ser quebrados em mais de 20 outros menores, porém

não menos ativos. Esses compostos pertencem à classe dos triterpenos, mais especificamente limonóides. Ao menos 9 limonóides do neem têm demonstrado habilidade em bloquear o desenvolvimento de insetos pragas. O principal limonóide é a Azadiractina, sendo mais estudada e com maior potencial. Essas substâncias quando presente na planta, possuem diversos mecanismos e sítios de ação, causando por exemplo o efeito anti alimentar em insetos (MARTINEZ, 2002). Kwankua *et al.* (2010) também sugerem haver efeitos direto sobre a divisão celular afetando a fase de mitose dos organismos, quando expostos aos compostos de azadiractina diminuindo desenvolvimento desses.

A própolis possui inúmeras substâncias em sua composição, sendo essas com alta atividade biológica, como anti-inflamatória, antibacteriana e com destaque a ação antifúngica (SALOMÃO *et al.*, 2008). De sua composição, os mais importantes podemos citar os flavonóides, ácidos fenólicos, ésteres e cetonas, esses compostos são ditos pela literatura como os responsáveis pela ação antimicrobiana (SOMNEZ *et al.*, 2005). O mecanismo exato de ação do EEP não está completamente esclarecido, mas existem estudos que demonstram possíveis modos de ação, como por exemplo o aumento da permeabilidade de membrana, bloqueio da produção de ATP, redução da mobilidade bacteriana, alteração no potencial de membrana e interferência no processo de síntese de RNA e DNA de bactérias (PRZYBYLEK & KARPISNKI, 2019; ALMUHAYAWI, 2020). A eficiência do EEP ocorre não apenas por suas propriedades químicas, deve-se considerar também suas características físicas, que causam um impedimento para a penetração dos micélios dos fungos, devido a formação de um filme protetor sobre as folhas do cafeeiro (CARVALHO *et al.*, 2012).

Várias espécies do gênero *Bacillus* são conhecidos pela produção de toxinas que inibem o crescimento e/ou atividades de patógenos fúngicos e nematóides de plantas, entre as espécies mais estudada é *B. subtilis* (PINCHUK *et al.*, 2002). Pesquisas têm demonstrado que até 5% do genoma de *B. subtilis* é dedicado a biossíntese de compostos antimicrobianos, como substilisininas, que agem no envelopamento celular de bactérias fitopatógenas. Essa espécie é reconhecida pela sua capacidade de produzir quitinases, substância que atua na degradação de componentes da parede celular dos fungos patogênicos. Outro mecanismo de ação indireto do *Bacillus subtilis* é a capacidade de produzir biofilmes nas plantas, impedindo a colonização ou entrada de outros microrganismos patogênicos ao competir pelo mesmo espaço e nutrientes que eles (VELOSO, 2022). O efeito do *B. subtilis* pode ser potencializado com adição de adjuvantes, segundo Azevedo *et al.* (2017) a aplicação conciliada com adjuvante organossiliconados tem maior molhamento foliar e maior cobertura, tendo então maior efeito no tratamento.

O café não é uma cultura acumuladora de silício como as gramíneas, mas a aplicação de suspensão de silício favorece o aumento de metabolismos secundários, que devem proporcionar melhor defesa através de compostos fenólicos e enzimas como peroxidases e quitinases que serão produzidas (MANCUSO, 2016). No experimento não houve reduções significativas com a aplicação da sílica pois provavelmente as mudas não tiveram tempo suficiente para conseguir produzir esses compostos secundários de defesa antes da inoculação da *H.vastatrix*.

No bioensaio *in vitro* de germinação dos uredósporos da ferrugem, *B. subtilis*, EEP e óleo de neem promoveram redução significativa comparado a testemunha, com destaque ao óleo de neem que inibiu 99,25% a germinação (Tabela 4). Na segunda avaliação, com 12 horas, todos os tratamentos tiveram redução significativa comparado a testemunha, com destaque novamente ao óleo de neem com inibição de 98,5% de germinação. Na última avaliação com 24 horas *B. subtilis*, EEP e óleo de neem tiveram redução significativa comparado a testemunha, com destaque novamente ao óleo de neem, inibindo 90,75% de germinação.

**Tabela 4.** Porcentagem de germinação de uredósporos da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em função das aplicações dos tratamentos alternativos.

Tratamentos	Média de Germinação (%) com 6 horas	Média de Germinação (%) com 12 horas	Média de Germinação (%) com 24 horas
<i>Bacillus subtilis</i>	5,25 bc	14,00 c	14,50 bc
Extrato de Própolis	9,75 b	6,50 d	22,00 b
Óleo de Neem	0,75 c	1,50 e	9,25 c
Sílica	53,00 a	41,50 b	51,25 a
Testemunha	64,00 a	58,50 a	59,75 a
CV %	20,06	9,57	12,18

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%). Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na avaliação do tamanho dos tubos germinativos dos esporos da ferrugem, após 6 horas de germinação, o óleo de neem e EEP apresentaram redução significativa no tamanho dos tubos germinativos comparado a testemunha, com destaque ao óleo de neem que reduziu 92,60% o tamanho do tubo (Tabela 5). Na segunda avaliação com 12 horas de germinação, o óleo de neem e EEP apresentaram redução significativa no tamanho dos tubos germinativos, com destaque à EEP que reduziu em 80,85% o tamanho dos tubos germinativos. Na terceira e última avaliação com 24 horas de germinação os tratamentos com óleo de neem, e EEP tiveram redução significativa nos tubos de germinação comparado a testemunha, novamente ficando em destaque a EEP, que reduziu em 46,97% o tamanho dos tubos germinativos.

**Tabela 5.** Tamanho dos tubos germinativos ( $\mu\text{m}$ ) de uredósporos da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) em função das aplicações dos tratamentos alternativos.

Tratamentos	Tamanho ( $\mu\text{m}$ ) com 6 horas	Tamanho ( $\mu\text{m}$ ) com 12 horas	Tamanho ( $\mu\text{m}$ ) com 24 horas
<i>Bacillus subtilis</i>	133,5 ab	392,7 a	714,5 a
Extrato de Própolis	84,0 b	96,2 c	338,7 d
Óleo de Neem	18,3 c	237,5 d	455,5 cd
Sílica	193,0 ab	470,5 a	529,1 bc
Testemunha	247,5 a	502,4 a	638,7 ab
CV %	25,79	11,80	7,08

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%). Fonte: Elaborado pelo Autor.

Alguns estudos já tem demonstrado a atividade biológica dos produtos utilizados. Segundo Pieri *et al.* (2022) quando *Bacillus subtilis* está presente na superfície folhar ele atua inibindo a aderência de fungos fitopatógenos sobre elas, afetando negativamente a germinação de conídios e dificultando o desenvolvimento micelial, através de rompimento das membranas do micélio e do tubo germinativo. Costa *et al.* (2007) testaram diferentes substância com potenciais de controle preventivo da ferrugem, tais como óleo de neem e suspensão de *Bacillus*. Nesse estudo, foi possível analisar que a aplicação do extrato da semente de neem 4 horas antes da inoculação diminuiu a severidade da ferrugem em 97,2%, em comparação a testemunha (água), e a aplicação de suspensão de *Bacillus subtilis* oito dias antes da inoculação reduziu em 92,1% a severidade em comparação a testemunha (água) confirmando em partes com o atual trabalho.

Pereira *et al.* (2011) utilizaram óleo de neem em testes de prevenção de *Cercospora coffeicola* e obtiveram 95,13% de redução no índice de velocidade de crescimento micelial. Segundo Amaral & Bara (2005), esses óleos essenciais possivelmente afetam o desenvolvimento do fungo através dos danos causados às paredes celular, rompimento e perda do conteúdo celular. Estudos de Mossini e Kimmelmeier (2004), demonstraram a atividade antifúngica do extrato de neem com efeitos fungitóxicos *in vitro* e efeito fungistático com a paralisação do desenvolvimento micelial sobre fungos fitopatogênicos, *Aspergillus flavus*, *Diaporthe phascolorum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium verticillioides* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Marini *et al.* (2012) concluíram em seu trabalho que extrato alcoólico de própolis possui atividade antifúngica *in vitro*, embora em baixas concentrações, testadas contra *Phakopsora euvtis* e *Pseudocercospora vitis* e *Elsinoe ampelina*, EAP possui fungitoxidade e assim causou inibição de germinação de esporos, redução do tamanho dos tubos

germinativos e inibição de crescimento micelial de acordo com que se aumentava as concentrações.

Os tubos germinativos da ferrugem crescem em uma direção aleatória e, após entrar em contato com a junção entre as células da epiderme, o crescimento começa a ser perpendicular às nervuras da folha (VAZ PATO & NIKS, 2001). De acordo com Coutinho *et al.* (1993) e Dejong *et al.* (1987), os tubos germinativos devem ter comprimento suficiente para alcançar os estômatos. Qualquer alteração que diminua esse desenvolvimento, também diminui a capacidade de infestação do fungo.

Os resultados obtidos na pesquisa demonstraram-se promissores, com diferentes respostas aos tratamentos e produtos. A ampliação desse conhecimento se mostra válida, através de novas pesquisas e emprego de práticas e produtos de menor impacto ao ambiente, nesse sentido a produção do café poderá destacar-se por ser mais sustentável.

## 5 CONCLUSÃO

O óleo de neem, extrato etanólico de própolis e suspensão de *Bacillus subtilis*, promoveram redução no número de folhas com sinais e número de pústulas por folha. Suspensão de *Bacillus subtilis*, extrato etanólico de própolis e óleo de neem promoveram redução na germinação de uredósporos. O óleo de neem e extrato etanólico de própolis apresentaram redução no tamanho dos tubos germinativos. Óleo de neem se destacou pelo efeito tanto nos testes de casa de vegetação quanto *in vitro*. Tratamento com óleo de neem também apresentou a menor área abaixo da curva de progresso nas três variáveis. Tratamento com sílica não teve efeito sobre a ferrugem do cafeeiro.

## REFERÊNCIAS

- ABIC. Estatísticas. **Associação Brasileira da Indústria de Café**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://estatisticas.abic.com.br/>. Acesso em: 10 de fev. 2022.
- AGROslim**. Controle da ferrugem no cafeeiro. Controle de pragas e doenças. Alfenas, MG, 2022. Disponível em: <https://www.agroslim.com.br/2021/12/01/controle-da-ferrugem-no-cafeeiro/>. Acesso em: 12 de dez. 2022.
- ALMEIDA, G. D.; PRATISSOL, D.; HOLTZ, A. M.; VICENTINI, V. B. Fertilizante organomineral como indutor de resistência contra a colonização da mosca branca no feijoeiro. **Universidade Federal de Viçosa**. Fitotecnia, 2008. Disponível em: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&t&pid=S0718-34292008000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&t&pid=S0718-34292008000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=en). Acesso em 16 de jan. 2023.
- ALMUHAYAWI, M. S. Propolis as a novel antibacterial agent. **Saudi Society for Biological Sciences**, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33100868/>. Acesso em: 16 de jan. 2023.
- AMARAL, M. F. Z. J.; BARA, M. T. F. Avaliação da atividade antifúngica de extratos de plantas sobre o crescimento de fitopatógenos. **Revista Eletrônica de Farmácia**, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/a/467B75SNCjJvbXtHGGXP6xH/citation/?lang=pt>. Acesso em: 17 de jan. 2023.
- ANDRADE NETO, A. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*, v.23, n.2, p.270-280, 1999. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/33028>. Acesso em: 16 de fev. 2023.
- ANDROCIOLO, H. G. Avaliação de produtos alternativos na sanidade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Dissertação. **Universidade Estadual de Londrina-PR**, 80p, 2008. Disponível em: <https://www.sppt.com.br/wp-content/uploads/2020/04/uel-avaliacao-de-produtos-alternativos-na-sanidade-do-cafeeiro.pdf>. Acesso em: 10 de dez. 2022.
- ATANASOVA, L.; CROM, S. L.; GRUBER, S. Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma mycoparasitism*. **BMC genomics**, v. 14, n. 1, p. 1-15, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-121>. Acesso em: 10 de dez. 2022.

ALVES, A. A. Leaf gas exchange and chlorophyll a fluorescence of *Eucalyptus urophylla* in response to *Puccinia psidii* infection. **Acta Physiol Plant**, v.33, p. 1831-1839, 2011.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/225333440\\_Leaf\\_gas\\_exchange\\_and\\_chlorophyll\\_a\\_fluorescence\\_of\\_Eucalyptus\\_urophylla\\_in\\_response\\_to\\_Puccinia\\_psidii\\_infection](https://www.researchgate.net/publication/225333440_Leaf_gas_exchange_and_chlorophyll_a_fluorescence_of_Eucalyptus_urophylla_in_response_to_Puccinia_psidii_infection). Acesso em: 16 de fev. 2023.

AZEVEDO, J. A. Endophytic fungi from Brazilian tropical hosts and their biotechnological applications. In: KHARWAR, RN et al. (eds.). **Microbial Diversity and Biotechnology in Food Security**, Springer India, 17-22p, 2014. Disponível em:

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-1801-2\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-81-322-1801-2_2). Acesso em: 10 de dez. 2022.

AZEVEDO, L. A. S.; SANCHEZ, W. Efeito de adjuvantes na interação entre *Bacillus subtilis* qst 713 e superfície de folíolos e frutos de tomate. **50º Congresso brasileiro de fitopatologia**, Uberlândia – MG, 2017. Disponível em:

[http://www.infobibos.com/anais/CBFito/50/Resumos/Resumo50CBFito\\_0047.pdf](http://www.infobibos.com/anais/CBFito/50/Resumos/Resumo50CBFito_0047.pdf). Acesso em: 17 de fev. 2023.

BÉLANGER, R. R.; MENZIES, J. G. Use of silicon to control diseases in vegetable crops. In: XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, Uberlândia. **Anais da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, v. 36, p. S42-S45, 2003.

BEDENDO, I. Ferrugens. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 4. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, p.479-484, 2011.

BEVILCQUA, A. H. V.; SUFFREDINI, I. B.; BERNARDI, M. M. Neem *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) toxicity in *Artemia* sp: comparison of a commercial preparation and the pure oil. **Revista Instituto de Ciência e Saúde**, 2008. Disponível em:

<https://repositorio.unip.br/journal-of-the-health-sciences-institute-revista-do-instituto-de-ciencias-da-saude/toxicidade-de-neem-azadirachta-indica-a-juss-meliaceae-em-artemia-sp-comparacao-da-preparacao-comercial-e-do-oleo-puro/#:~:text=Azadirachta%20indica%20A.,Juss.,agricultura%2C%20sendo%20empregada%20como%20praguicida>. Acesso em: 21 de mar. 2022.

BIANCHINI, L.; BEDENDO, I. P. Efeito antibiótico da própolis sobre bactérias fitopatogênicas. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, p.149-152, 1998.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/dfjKtHLbPL7X34czQRgFVKr/>. Acesso em: 10 de dez. 2022.

BONALDO, S. M.; PASCHOLATI, S. F.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**, Piracicaba, FEALQ, p. 11- 28, 2005. Disponível em:

<https://repositorio.usp.br/item/001466743>. Acesso em: 12 de dez. 2022.

CAMPANHOLA, C.; RODRIGUES, G. S.; BETTIOL, W. Evolução, situação atual, projeção e perspectiva de sucesso de um Programa de Racionalização do Uso de Agrotóxicos no Brasil. In: RODRIGUES, G.S. **Racionalización dei uso de pesticidas en el Cono Sur**. Montevideo: PROCISUR, 1998. p .4 3-49. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/281297533\\_RACIONALIZACION\\_DEL\\_USO\\_DE\\_PESTICIDAS\\_EN\\_EL\\_CONO\\_SUR](https://www.researchgate.net/publication/281297533_RACIONALIZACION_DEL_USO_DE_PESTICIDAS_EN_EL_CONO_SUR). Acesso em: 12 de dez. 2022.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. Introduction to plant disease epidemiology, New York: **John Wiley**, 1990. 532p. Disponível em:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19912305030>. Acesso em: 9 de dez. 2022.

**CAMPO & NEGÓCIOS**. 14 de abril: Dia Mundial do Café. Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/14-de-abril-dia-mundial-do-cafe/#:~:text=Diariamente%20s%C3%A3o%20mais%20de%20400,bebida%20fica%20com%20os%20EUA>. Acesso em: 10 de fev. 2022.

CANHETE, J. C. H. Fungicidas cúpricos no manejo de resistência à ferrugem do cafeeiro. **35º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**. Disponível em:

[http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5391/doc\\_302\\_35-CBPC-2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5391/doc_302_35-CBPC-2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em 16 de jan. 2023.

CARNEIRO, S. M. D. T. P. G.; PIGNONI, E.; VASCONCELLOS, M. E. D. C.; GOMES, J. C. Efeito de extratos de folhas e do óleo de nim sobre o oídio do tomateiro. **Summa**

**Phytopathologica**, Botucatu, v.29, n.3, p.262-265, 2007. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000100005>. Acesso em: 1 de dez. 2022.

CARVALHO, A.; KRUG, C. A.; MENDES, J. E. T.; ANTUNES FILHO, H.; MORAES, H.; ALOISIO SOBRINHO J.; MORAES, M. V.; ROCHA, T. R. Melhoramento do cafeeiro: IV. Café Mundo Novo. **Bragantia**, Campinas, v.12, 97-129, 1952. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/braga/a/k5Z5TL73kJTJxy9BqF9Dj7F/?lang=pt>. Acesso em 16 de jan. 2023.

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, jan./abr. 2012. Disponível em:

[http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7886/Coffee%20Science\\_v7\\_n1\\_p42-49\\_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7886/Coffee%20Science_v7_n1_p42-49_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 17 de nov. 2022.

CECAFÉ. Relatório mensal de exportações. **Conselho dos Exportadores de Café do Brasil**. Novembro. Disponível em: <https://www.cecafe.com.br/publicacoes/relatorio-de-exportacoes/>. Acesso em: 13 de jan. 2023.



CENTURION, M. A. P. C. Seleção de microrganismos antagônicos à ferrugem (*Uromyces phaseoli* (Reven) Wint.) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Tese de Doutorado**, Piracicaba, ESALQ/USP, 1990. 116p. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11135/tde-20200111-133744/pt-br.php>. Acesso em: 13 de set. 2022

COUTINHO, T. A.; FIJKENBERG, F. H. J.; VANASCH, M. A. J. Appressorium formation by *Hemileia vastatrix*. **Mycological Research**, New York, v. 97, n. 8, p. 951-956, Aug. 1993. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0953756209808617>. Acesso em: 26 de jan. 2023.

CNC. Café do Brasil História. **Concelho Nacional do Café**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://cncafe.com.br/cafe-do-brasil-historia/>. Acesso em: 16 de jan. 2023.

CONAB, Produção de café está estimada em 50,38 milhões de sacas na safra 2022, 2022. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4758-producao-de-cafe-esta-estimada-em-50-38-milhoes-de-sacas-na-safra-2022>. Acesso em 10 out. 2022.

CONAB. Safra Brasileira de Café, 2021. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 10 fev. 2022.

COSTA, M.J.N.; CAMPOS, V.P.; PFENNING, L.H.; OLIVEIRA, D.F. Toxicidade de filtrados fúngicos a *Meloidogyne incognita*. **Fitopatologia Brasileira** 26:749-755. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fb/a/XggnHt5nnQ35kLDrRKZgZxd/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 23 de jan. 2023.

COSTA, M. J. N.; ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. R. Avaliação de produtos alternativos no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 147-152, mar./abr. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fb/a/JYpYYYSXfzXYp9rP6X4GhQ/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 17 de nov. 2022.

DEJONG, E. J.; ESKES, A. B.; HOOGSTRAATEN, I. G. J.; ZADOKS, J. C. Temperature requirements for germination, germ tube growth and appressorium formation of urediniospores of *Hemileia vastatrix*. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 93, n. 2, p. 61-71, Feb. 1987. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0953756209808617>. Acesso em: 26 de jan. 2023.

DUTTA, D.; PUZARI, K. C.; GOGOI, R.; DUTTA, P. Endophytes: exploitation as a tool in plant protection. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 5, p. 621-629, sep./oct., 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-8913201402043>. Acesso em: 17 de nov. 2022.

FERRAZ, A. Cultura do café. **Instituto Formação**, v. 2, 2013. Disponível em: <http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/15-09-28-apostilaculturadocafe.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2022.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um sistema de análise computadorizada para efeitos fixos de projetos do tipo Plot. **Revista Brasileira De Biometria**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em: <http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>. Acessado em: 10 fev. 2022.

GODOY, C. V.; BERGAMIM FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.M. **Manual de fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v., 2, p. 184-200.

GORTARI, F. et al. Plant–pathogen interactions: leaf physiology alterations in poplars infected with rust (*Melampsora medusae*). **Tree Physiology**, p.1–11, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article/38/6/925/4821271>. Acesso em: 16 de fev. 2023.

GREE, G. Epidemiology of coffee leaf rust in the Eastern Highlands. Newsletter. **Coffee Research Institute**, 1993. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/399280/>. Acesso em: 10 fev. 2022.

ICO. Aspectos botânicos. **International coffee organization**, 2022. Disponível em: [https://www.ico.org/pt/botanical\\_p.asp#:~:text=Economicamente%2C%20as%20duas%20esp%C3%A9cies%20mais,Coffea%20dewevrei%20\(caf%C3%A9%20Excelsa\)](https://www.ico.org/pt/botanical_p.asp#:~:text=Economicamente%2C%20as%20duas%20esp%C3%A9cies%20mais,Coffea%20dewevrei%20(caf%C3%A9%20Excelsa)). Acesso em: 17 de fev. 2023.

KESSMANN, H.; STAUB, T.; HOFMANN, C.; MAETZKE, T. H. J. Indução de resistência a doenças sistêmicas adquiridas em plantas por produtos químicos. **Revisão Anual de Fitopatologia** 32:439-459. 1994.

LOTTI, C.; CAMPO, M. F.; PICCINELLI, A. L.; CUESTA-RUBIO, O.; MARQUEZ, I. H.; RASTRELLI, L. Chemical constituents of red Mexican própolis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2010. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf100070w>. Acesso em: 16 de jan. 2023.

MANCUSO, M. A. Aplicação de silício e fungicidas na cultura do café arábica. **FCA**. Tese de Doutorado, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/142846>. Acesso em: 17 de fev. 2023.

MANCUSO, M. A.; SORATTO, R. P.; PERDONÁ, M. J. Produção de café sombreado. **Colloquium Agrariae**. 2019. Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/592>. Acesso em: 17 de fev. 2023.

MARINHO, J. S.; OLIVEIRA, M. G. A.; GUEDES, R. N. C.; PALLINI, A.; OLIVEIRA, C. L. Inibidores de proteases de hospedeiros nativos e exóticos e sua ação em intestinos de lagartas de *Thyrintaina leucoceraea*. **Revista Árvore**, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/9S8S4sWRzMsfwfGLY7XhcHm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 de jan. 2023.

MARINI, D.; MENSCH, R.; FREIBERGER, M. B.; DARTORA, J.; FRANZENER, G.; GARCIA, R. C.; STANGARLIN, J. R. Efeito antifúngico de extratos alcoólicos de própolis sobre patógenos da videira. **Arquivos do Instituto Biológico**, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/yBhSLBWNSDq3zp77C3hBHHF/citation/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 17 de jan. 2023.

MARTINS, F. Que país é o maior exportador de café do mundo? **Coffe +**, 2021. Disponível em: <https://blog.coffeemais.com/qual-e-o-maior-exportador-de-cafe-do-mundo-conheca-aqui/#:~:text=A%20produtividade%20do%20caf%C3%A9%20no%20Brasil&text=O%20ritmo%20foi%20intenso%20e,produtor%20de%20caf%C3%A9%20do%20mundo>. Acesso em: 10 fev. 2022.

MAUAD, M.; GRASSI FILHO H.; CRUSCIOL C. A. C.; CORRÊA J. C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 867-873. Viçosa- MG. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000500011>. Acesso em: 10 mar. 2022.

MBARGA, J. B.; MARTIJN, G. T. H.; ADIOBO, A.; NGONKEU, M.; AMBANG, Z.; TONDJE, P. R.; BEGOUD, B. A. D. *Trichoderma asperellum*: A potential biocontrol agent for *Pythium myriotylum*, causal agent of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) root rot disease in Cameroon. **Crop Protection**, v. 36, p. 18-22, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.02.004>. Acesso em: 12 de set. 2022.

MOSSINI S. A. G; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. **Acta Farm. Bonaerense** v,24.p.139-48, 2005. Disponível em: [http://www.preservamundi.com.br/artigos/neem\\_multiplos.pdf](http://www.preservamundi.com.br/artigos/neem_multiplos.pdf). Acesso em: 10 fev. 2022.

Organização Internacional do Café. **Declaração de Belo Horizonte**. Londres, 2013. Disponível em: <http://www.ico.org/documents/cy2012-13/belo-horizonte-declaration-e.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2022.

ORYAN, A.; ALEMZADEH, E.; MOSHIRI, A. Potential role of propolis in wound healing: Biological properties and therapeutic activities. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29287194/#:~:text=An%20important%20factor%20in%20impaired,result%20in%20accelerated%20healing%20processes>. Acesso em: 16 de jan. 2023.

- PEREIRA, C. S.; GUIMARÃES, R. J.; POZZA E. A.; SILVA, A. A. Controle da cercosporiose e da ferrugem do cafeeiro com extrato etanólico de própolis. **Revista Ceres**, Viçosa, 2008. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3345>. Acesso em 17 de jan. 2023.
- PEREIRA, R. B.; LUCAS, G. C.; PERINA, F. J.; RESENDE, M. L. V. D.; ALVES, E. Potencial de óleos essenciais no controle da cercosporiose em cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/cPmtT8CnsXyVtqGsgcHtS6p/citation/?format=html&lang=e>. Acesso em: 17 de jan. 2023.
- PIERI, C.; CORREIA, E. C. S. S.; MIRA, Y. *Bacillus subtilis*: terror do mofo cinzento. **Campo & Negócios**, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/bacillus-subtilis-terror-do-mofo-cinzento/#:~:text=A%C3%A7%C3%A3o-,B.,mic%C3%A9lio%20e%20do%20tubo%20germinativo>. Acesso em: 13 de dez. 2022.
- PINCHUK, I. V.; BRESSOLLIER, P.; SOROKULOVA, I. B.; VERNEUIL, B.; URDACI, M. C. Produção do antibiótico amicoumacina e diversidade genética de cepas de *Bacillus subtilis* isoladas de diferentes habitats. **Research in Microbiology**, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0923250802013207>. Acesso em: 16 de jan. 2023.
- PINTO D. A.; MANTOVANI E. C.; MELO E. de C.; SEDIYAMA G. C.; VIEIRA G. H. S. Produtividade e qualidade do óleo essencial de capim-limão, *Cymbopogon citratus* DC., submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 1, p. 54-61, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722014000100008>. Acesso em: 13 de dez. 2022.
- POZZA, A. A. A.; PRIETO MARTINEZ, H. E.; CAIXETA, S. L.; CARDOSO, A. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/6tyKpPy8nrGB6H4C7HWSCgc/?lang=pt>. Acesso em: 17 de fev. 2023.
- PRZYBYLEK, I.; KARPIŃSKI, T. M. Antibacterial properties of propolis. **Molecules**, v. 24, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6600457/#:~:text=Propolis%2C%20as%20a%20material%20composed,Bacillus%20spp.%2C%20Staphylococcus%20spp>. Acesso em 16 de jan. 2023.
- RAAIJMAKERS, J. M.; WELLER, D. M. Natural plant protection by 2,4-diacetylphloroglucinol-producing *Pseudomonas* spp. in take-all decline soils. **Mol. Plant-**

- Microbe Interact**, v. 11, p. 144-52, 1998. Disponível em:  
<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/MPMI.1998.11.2.144>. Acesso em: 10 fev. 2022.
- RIJO, L.; RODRIGUES, C. J. Processo de infecção da *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. em cultivares suscetíveis e resistentes de *Coffea arabica* L. **Garcia da Orta – Série Estudos Agronômicos**. Lisboa, v. 5, n. 1-2, p. 23-24, 1978. Disponível em:  
<http://sbicafe.ufv.br/biteam/hale/123456789/12492/%20de%20Jesus%20Deras%20Perla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 de fev. 2023.
- RODRIGUES, F. A.; VALE, F. X. R.; KORNDÖRFER, G. H.; PRABHU, A. S.; DATNOFF, L. E.; OLIVEIRA, A. M. A.; ZAMBOLIM, L. Influence of silicon on sheath blight of rice in Brasil. **Crop Protection**, v. 22, p. 23- 29, 2002. Disponível em:  
[https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00084-4](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00084-4). Acesso em: 10 de jun. 2022.
- RODRIGUES, A. B.; SIQUEIRA, C. L. Extrato de *Melia azedarach* L. induz a produção de uma fitocistatina em folhas de maracujá. **Hoehnea** v. 48, 2021. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/hoehnea/a/gx3XFXJ6FKDVScMkTbsfVyP/?lang=en#>. Acesso em 16 de jan. 2023.
- SALOMÃO, K.; PEREIRA, P. R. S.; CAMPOS, L. C. et al. Brazilian própolis: correlation between chemical composition and antimicrobial activity. **Evidence-Based Medicine & Complementary & Alternative Therapies** v.5, 2008. Disponível em:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2529390/>. Acesso em: 13 de dez. 2022.
- SANTOS, F. S. Epidemiologia e manejo de doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob cultivo orgânico. 146 p. **Tese**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/50292227-Epidemiologia-e-manejo-de-doencas-do-cafeeiro-coffee-arabica-l-sob-cultivo-organico-florisvalda-da-silva-santos.html>. Acesso em 12 de dez. 2022.
- SAVANT, N. K. et al. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. Philadelphia. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, p. 1853-1903, 1999. Disponível em:  
<https://doi.org/10.1080/01904169909365761>. Acesso em 15 de jul. 2022.
- SILVA, J. B.; PAIVA, K. A.; COSTA, K. M.; VIANA, G. A.; ARAÚJO, H. N.; BEZERRA, L. S.; BATISTA, J. S. Hepatoprotective and antineoplastic potencial of red propolis produced by the bees *Apis mellifera* in the semiarid of. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. Rio Grande do Norte, 2019. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/pvb/a/JLVLfTRwFswVN9tC8MM6GCj/?lang=en>. Acesso em: 16 de jan. 2023.
- SILVA, M. C. et al. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. **Braz. J. Plant Physiol.** v. 18, p. 119-147, 2006. Disponível em:  
<https://www.scielo.br/j/bjpp/a/dTHqD9SgqgJtq9wHCf9Hp6R/>. Acesso em: 16 de fev. 2023.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. p. 394-412. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/377628211/Farmacognosia-Da-Planta-Ao-Medicamento>. Acesso em: 13 de dez. 2022.

SONMEZ, S.; KIRILMAZ, L.; YUCESLOY, M.; YUCEL, B.; YLMAZ, B. The effect of bee propolis on oral pathogens and human gingival fibroblasts. **Journal of Ethnopharmacology**. v.102; p:371-376, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378874105004289?via%3Dihub>. Acesso em: 13 de dez. 2022.

SOUSA, R. M. S. D.; SERRA, I. M. R. D. S.; MELO, T. A. D. Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, em pimenta. **Summa Phytopathologica**, 38, 42-47, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052012000100007>. Acesso em: 8 de dez. 2022.

SOUZA, F. B. R.; FISHER, G.; VARGAS, G. D. Efeito antimicrobiano da própolis contra agentes infecciosos de interesse veterinário. **Science and Animal Health**. v.1, p.24-37, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/veterinaria/article/download/2413/2446#:~:text=A%20a%C3%A7%C3%A3o%20antimicrobiana%2C%20in%20vitro,sendo%20este%20efeito%20dose%20dependente>. Acesso em 28 de nov. 2022.

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, Oct/Nov. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6638270/>. Acesso em: 16 de fev. 2023.

TYLKOWSKI, B.; TRUSHEVA, B.; BANKOVA, V.; GIAMBERINI, M.; PEEV, G.; NIKOLOVA, A. Extraction of biologically active compounds from propolis and concentration of extract by nanofiltration. **Journal of Membrane Science**, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376738809007911?via%3Dihub>. Acesso em: 16 de jan. 2023.

VARZEA, V. M. P.; RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; SILVA, M.C. M. L.; GOUVEIA, M.; MARQUES, D. V.; GUERRAGUIMARÃES, L.; RIBEIRO, A. Resistência do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O Estado da arte de tecnologias na produção de café**. Viçosa, MG: UFV,2002. p. 297-320.

VAZ PATTO, M. C.; NIKS, R. E. Leaf wax layer may prevent appressorium differentiation but does not influence orientation of the leaf rust fungus *Puccinia hordei* on *Hordeum chilense* leaves. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 107, p. 795-803, 2001.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1012410330287>. Acesso em: 26 de jan. 2023.

VEGRO, C. L. R.; FERREIRA, C. R. R. P. T. Evolução das despesas com defensivos agrícolas e fertilizantes para a safra de café 2000/01 nos estados de São Paulo e Paraná. **Informações Econômicas** 30:53-59. 2000. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/2000/SETORIAL1-DEZ-2000.pdf>. Acesso em: 10 de dez. 2022.

VELOSO, C. *Bacillus subtilis*: conheça este microrganismo e seus benefícios para a agricultura. Nutrição de Plantas. **BlogVerde**, 2023. Disponível em: <https://blog.verde.ag/nutricao-de-plantas/bacillus-subtilis-conheca-este-microrganismo-e-seus-beneficios-para-a-agricultura/>. Acesso em: 16 de jan. 2023.

VILELA, X. M. S. Ferrugem: saiba como proteger a lavoura de café quando o clima está favorável à doença. **Canal Rural**. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/ihara/ferrugem-saiba-como-protetor-a-lavoura-de-cafe-quando-clima-esta-favoravel-a-doenca/#:~:text=As%20condi%C3%A7%C3%B5es%20mais%20favor%C3%A1veis%20C3%A0,na%20superf%C3%ADcie%20superior%20das%20folhas>. Acesso em: 16 de jan. 2022.

ZAMBOLIM, L. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v.41, p.1-8, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40858-016-0065-9>. Acesso em: 16 de fev. 2023.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; PEREIRA, A. A.; CHAVES, G. M. Café (*Coffea arabica* L.): controle de doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. **Controle de doenças de plantas**. Viçosa, MG: UFV; Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. v. 1, p. 83-180.