

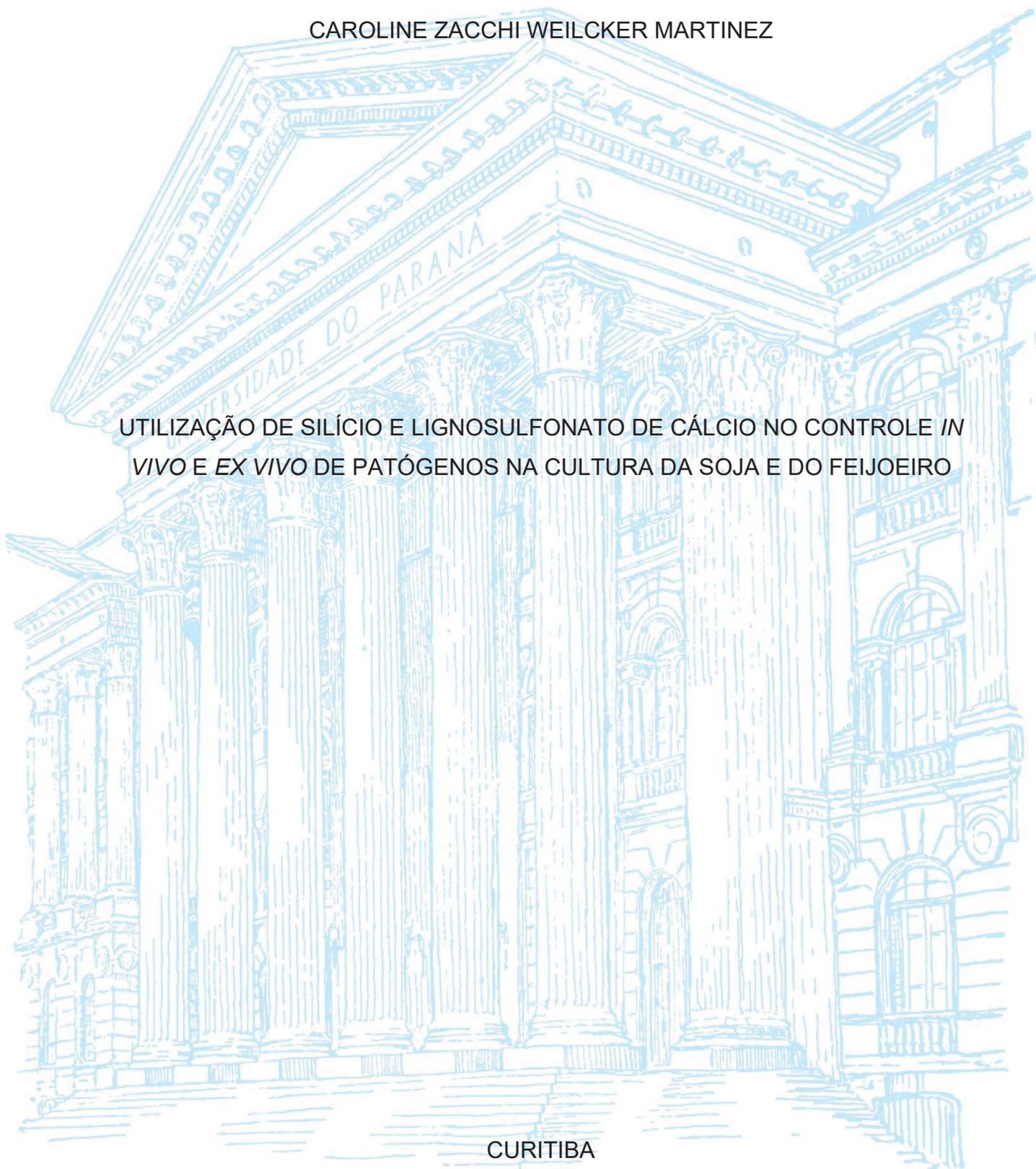
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINE ZACCHI WEILCKER MARTINEZ

UTILIZAÇÃO DE SILÍCIO E LIGNOSULFONATO DE CÁLCIO NO CONTROLE *IN VIVO* E *EX VIVO* DE PATÓGENOS NA CULTURA DA SOJA E DO FEIJOEIRO

CURITIBA

2023



CAROLINE ZACCHI WEILCKER MARTINEZ

UTILIZAÇÃO DE SILÍCIO E LIGNOSULFONATO DE CÁLCIO NO CONTROLE *IN VIVO* E *EX VIVO* DE PATÓGENOS NA CULTURA DA SOJA E DO FEIJOEIRO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientadora: Dra. Heloisa Thomazi Kleina

CURITIBA

2023

RESUMO

O cultivo de grãos como soja e feijão é de grande importância no Brasil e no mundo, já que são fontes de alimento riquíssimas. Porém, quando se produz em grande escala, alguns problemas surgem nas lavouras, como é o caso das doenças. Encontrar soluções alternativas para o seu controle, como silício e lignosulfonato de cálcio, é algo necessário, sendo não só uma questão ecológica e social, mas também financeira. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de compostos à base de silício e lignosulfonato de cálcio (LSCa) no controle *in vitro* e *ex vivo* de patógenos na cultura da soja (*Glycine max*) e do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*). Os patógenos utilizados nos ensaios foram *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolsfii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium crassistipitatum*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Colletotrichum graminicola* e *Colletotrichum truncatum*. No ensaio *in vitro*, os patógenos foram adicionados a placas de Petri com papeis filtro em suas extremidades contendo uma alíquota de 5µL em cada, com os seguintes tratamentos: a) composto à base de silício (TechCrop®) (15ml.L-1) e b) composto de LSCa-R em nanopartículas (42,8 mg.20mL-1); LSCa (100mg.mL-1) e c) testemunha, aplicado água destilada autoclavada. As placas foram incubadas em BOD, sob temperatura de 25±2°C, e fotoperíodo de 12 horas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. A avaliação do crescimento micelial foi realizada com o auxílio de paquímetro digital. O ensaio *ex vitro* foi conduzido com a cultura do feijoeiro, no qual o solo foi preparado e infestado com inóculo. O experimento foi realizado com 4 repetições para cada tratamento, incluindo a testemunha e diferentes combinações de aplicação de silício, lignosulfonato de cálcio e inoculação dos patógenos. As sementes foram tratadas com compostos à base de silício (TechCrop®) e lignosulfonato de cálcio antes de serem plantadas e incubadas em condições controladas. A avaliação diária foi realizada a fim de acompanhar a germinação das sementes. Após 15 dias, cada plântula foi individualmente avaliada quanto à presença de sintomas, número de raízes e tamanho do hipocótilo. Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas, incluindo ANOVA e teste de comparação de médias. Os resultados revelaram que os fungos testados *in vitro* apresentaram diâmetro de micélio de crescimento semelhante aos seus controles, não mostrando diferença estatística significativa. Além disso, tanto o composto à base de silício quanto o lignosulfonato de cálcio não se mostraram eficientes no controle *in vitro* dos fungos provenientes

da cultura da soja e do feijoeiro. O tratamento das sementes do feijoeiro com esses compostos também não apresentou efeito positivo sobre os patógenos.

Palavras-chave: Lignosulfonato de cálcio, controle alternativo, doenças fúngicas.

ABSTRACT

The cultivation of grains such as soybeans and beans is of great importance in Brazil and worldwide, as they are rich sources of food. However, when produced on a large scale, problems arise in the crops, such as diseases. Finding alternative solutions for their control, such as silicon and calcium lignosulfonate, is necessary, not only from an ecological and social perspective but also from a financial one. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of silicon-based compounds and calcium lignosulfonate (LSCa-R) on the *in vitro* and *ex vivo* control of pathogens in soybean (*Glycine max*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*) crops. The pathogens used in the assays were *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium crassispitatum*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Colletotrichum graminicola*, and *Colletotrichum truncatum*. In the *in vitro* assay, the pathogens were added to Petri dishes with filter papers at their ends containing a 5 μ L aliquot each, with the following treatments: a) silicon-based compound (TechCrop®) (15ml.L⁻¹), and b) LSCa-R compound in nanoparticles (42.8 mg.20mL⁻¹); LSCa (100mg.mL⁻¹), and c) control, applied autoclaved distilled water. The plates were incubated in a BOD chamber at a temperature of 25 \pm 2°C and a photoperiod of 12 hours. The experiment was conducted in a completely randomized design with 4 replications. The evaluation of mycelial growth was performed using a digital caliper. The *ex vitro* assay was conducted with the common bean crop, in which the soil was prepared and infested with inoculum. The experiment was performed with 4 replications for each treatment, including the control and different combinations of silicon, calcium lignosulfonate, and pathogen inoculation. The seeds were treated with silicon-based compounds (TechCrop®) and calcium lignosulfonate before being planted and incubated under controlled conditions. Daily evaluation was carried out to monitor seed germination. After 15 days, each seedling was individually evaluated for the presence of symptoms, number of roots, and hypocotyl length. The data obtained were subjected to statistical analyses, including ANOVA and mean comparison test. The results revealed that the fungi tested *in vitro* showed a similar mycelial growth diameter to their controls, with no significant statistical difference. Furthermore, both the silicon-based compound and calcium lignosulfonate showed no efficiency in the *in vitro* control of fungi from soybean and common bean crops.

The treatment of common bean seeds with these compounds also did not have a positive effect on the pathogens.

Keywords: Sodium lignosulfonate, alternative control, fungal diseases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 A SOJA	10
2.2 O FEIJOEIRO	10
2.3 PRINCIPAIS FUNGOS INCIDENTES NA CULTURA DA SOJA E DO FEIJOEIRO	10
2.3.1 <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	10
2.3.2 <i>Sclerotium rolfsii</i>	11
2.3.3 <i>Rhizoctonia solani</i>	12
2.3.4 <i>Fusarium spp.</i>	13
2.3.5 <i>Colletotrichum spp.</i>	13
2.4 SILÍCIO	14
2.5 LIGNINA	15
2.5.1 Lignosulfonatos	15
2.5.1.1 Lignosulfonato de cálcio	15
3 OBJETIVOS	17
3.1 GERAL	17
3.2 ESPECÍFICOS	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 LOCALIZAÇÃO	18
4.2 PREPARO DAS NANOPARTÍCULAS DE LSCa-R	18
4.3 EXPERIMENTO 1 (<i>In vitro</i>)	18
4.4 EXPERIMENTO 2 (<i>Ex vivo</i>)	19
4.4.1 Preparo do solo	19
4.4.2 Preparo do inóculo	20
4.4.3 Infestação do solo	20
4.4.4 Desinfestação e tratamento de sementes	20
4.4.5 Avaliação	21
5 RESULTADOS	22
5.1 EXPERIMENTO 1 (<i>in vitro</i>)	22
5.2 EXPERIMENTO 2 (<i>ex vitro</i>)	23
6 DISCUSSÃO	26
7 CONCLUSÃO	28
8 REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

As modernizações nos processos da agricultura brasileira vêm trazendo um aumento na produção de alimentos ao longo dos últimos anos, com destaque para a produção de grãos, como a soja, o feijão e o milho (BARONI;BENEDETI;SEIDEL, 2017).

A soja (*Glycine max* L. Merr) é um alimento funcional, rico em proteínas e fonte de minerais, possuindo benefícios na redução de doenças crônicas e degenerativas (PENHA et al., 2007). No Brasil, o início do plantio de soja se deu em 1950 no estado do Rio Grande do Sul pelos imigrantes alemães e italianos que chegaram na região (SIEBEN & MACHADO, 2013). Em 2022, o país se tornou um dos maiores produtores de grãos do mundo, ocupando o primeiro lugar na produção de soja. Na safra de 2021/22, o país produziu aproximadamente 125 mil toneladas, sendo Mato Grosso, Goiás e Paraná os principais estados produtores (EMBRAPA, 2021). A estimativa de produção em março/2023 para a safra 2022/23 é de cerca de 151 mil toneladas (CONAB, 2023).

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) é a principal leguminosa da dieta dos brasileiros, tendo grande importância nutricional por ser uma rica fonte de proteínas (BARBIERI & STUMPF, 2008). O feijão comum é produzido em aproximadamente 130 países pelo mundo, sendo os cinco principais produtores a Índia, Mianmar, Brasil, EUA e o México (SEAB, 2020). O Brasil obteve uma produção total de feijão (cores, preto e caupi) de 2.990,2 mil toneladas na safra de 2021/22, com estimativa de produção de 2919,2 mil toneladas (CONAB, 2023).

Com a grande expansão de área plantada e a utilização de práticas de manejo inadequadas, os problemas com doenças têm se tornado cada vez mais frequentes, principalmente com relação à ocorrência de doenças de solo, foliares e de final de ciclo (GODOY, 2015). Dentre os principais agentes causais de doenças, tem-se os fungos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, diversas espécies de *Fusarium* e de *Colletotrichum*.

Com o aumento da expressão de doenças, as recomendações de fungicidas tornam-se cada vez mais presentes e com isso há o aumento dos problemas de resistência de fungos a esses produtos comerciais pelo uso indiscriminado e pela falta de conhecimento técnico por parte dos produtores, o que gera a perda de

eficácia dos compostos, sendo necessária a utilização de outras técnicas de manejo (GODOY, 2015), como o uso de produtos alternativos.

A pesquisa hoje busca proteger as plantas com o uso de substâncias, como sais inorgânicos, oxalatos, fosfatos, extratos vegetais, ou organismos, como fungos não patogênicos, que promovam a indução de alguma resistência (COSTA et al., 2007).

Um nutriente que pode trazer benefícios para as plantas em relação ao controle, apesar de não ser essencial, é o silício (Si), o qual aumenta a resistência de plantas, reduzindo a incidência de alguns patógenos (PEREIRA et al., 2009). Esse aumento de resistência é observado a partir de características morfológicas e de estruturação. Dentro planta, quando o silício se acumula nas paredes dos órgãos de transpiração, ocorre a formação de uma dupla camada sílica, que ocasiona a redução da transpiração das plantas, trazendo uma maior resistência a estresses ambientais ou por ataque de patógenos (SANTOS et al., 2021).

Uma molécula que também pode ser uma alternativa interessante de controle de fitopatógenos é a lignina, presente nas plantas como polímero estrutural, trazendo rigidez e firmeza à parede celular, importante também para o transporte de nutrientes dentro das plantas (BARBOSA, 2018). Por trazer essas características, tem grande importância na linha de defesa das plantas. Um derivado da lignina que chama atenção pela sua aplicabilidade diversa é o lignosulfonato de cálcio, tendo como uma de suas funções a redução da tensão superficial de diversos meios e potencial inibidor de corrosão biodegradáveis (BARBOSA, 2018).

Usar de produtos alternativos com funções de controle de doenças é uma proposta para a redução do uso de agrotóxicos. Se esses produtos vierem de resíduos, como a indústria madeireira, pode ser tanto uma resposta para o meio ambiente quanto para a sociedade sobre a destinação final destes subprodutos, além de trazer lucro para as empresas, que muitas vezes possuem gastos altos para a destinação desses dejetos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de compostos à base de silício e lignosulfonato de cálcio no controle *in vitro* e *ex vivo* de patógenos na cultura da soja (*Glycine max*) e do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris*).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A SOJA

Pertencente à família Fabaceae, a soja é uma leguminosa rica em proteína e óleo, tendo grande finalidade na indústria, na alimentação humana e na produção animal (VIANA *et al.*, 2015). No Oriente, já faz parte da dieta alimentar há quase três milênios, porém teve sua introdução no Ocidente de forma oficial no século XVIII, como um experimento na Europa, (GAZZONI & DALL'AGNOL, 2018).

No Brasil, sua introdução se deu no ano de 1882, por um professor da Faculdade de Agronomia de Cruz das Almas, que falhou ao tentar produzir a cultura no local, devido suas cultivares na época possuírem adaptabilidade para climas frios (GAZZONI & DALL'AGNOL, 2018). Hoje, o Brasil é um dos maiores produtores do grão no mundo, tendo as regiões centro-oeste, sul e sudeste uma estimativa de alta produção na safra de 2022/23 (CONAB, 2023).

2.2 O FEIJOEIRO

O feijão, leguminosa pertencente à família Fabaceae, é um alimento de alta importância a alimentação brasileira, pois é a principal fonte de proteína de consumo diário da população (CARBONELL *et al.*, 2010). Seu valor nutricional aumenta quando é associado a alimentos ricos em carboidratos e cereais, sendo comum à sua mistura com arroz na América Latina (FAGERIA *et al.*, 2015).

Atualmente, os principais estados produtores de feijão (cores, preto e caupi) no Brasil são o Paraná, Minas Gerais, Bahia e Goiás, com estimativa de produção na safra de 2022/23 de 680,1 mil toneladas, 497,9 mil toneladas, 283,7 mil toneladas e 281,9 mil toneladas, respectivamente (CONAB, 2023).

2.3 PRINCIPAIS FUNGOS INCIDENTES NA CULTURA DA SOJA E DO FEIJOEIRO

2.3.1 *Sclerotinia sclerotiorum*

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* é causador da doença chamada mofobranco, o qual possui a capacidade de infectar qualquer parte do seu hospedeiro

(HENNING et al., 2014). Os sintomas iniciais são caracterizados pela presença de manchas com aspecto de encharcamento, as quais evoluem para manchas castanho claras, apresentando uma densa camada de micélio branco que dará origem aos escleródios (FIGURA 1), que são estruturas de resistência que podem permanecer viáveis no solo por um longo período (VARGAS, 2022).

FIGURA 1 – *Sclerotinia sclerotiorum* em soja (A) e feijão (B)



Fonte: (A) O autor; (B) Meyer (2009)

2.3.2 *Sclerotium rolfsii*

O fungo *Sclerotium rolfsii* é o agente causal da doença podridão do colo, que afeta diversas culturas, incluindo soja e feijão. Os sintomas na parte aérea são amarelecimento e murcha generalizada das plantas, seguido da podridão do caule, podendo-se observar crescimento micelial de coloração esbranquiçada na base do caule (FIGURA 2) (CARDOSO, 1990).

FIGURA 2 – *Sclerotium rolfsii* em soja (A) e feijão (B)

Fonte: (A) Madalosso (2012); (B) Debortoli (2021)

2.3.3 *Rhizoctonia solani*

O fungo *Rhizoctonia solani* é causador das doenças chamadas de mela e podridão radicular (tombamento). A mela infecta as plantas em qualquer estágio de desenvolvimento, afetando a parte aérea das plantas, fazendo com que as folhas fiquem pendentes, formando finas teias de micélio com produção de escleródios nos tecidos mortos. A podridão radicular causa a morte dos tecidos na linha do solo, que resulta na murcha e tombamento de plântulas (FIGURA 3) (CARDOSO, 1990; HENNING *et al.*, 2014).

FIGURA 3 – *Rhizoctonia solani* em soja (A) e feijão (B)

Fonte: (A) Goulart (2005); (B) Debortoli (2012)

2.3.4 *Fusarium spp.*

Na soja, os fungos *Fusarium tucumaniae*, *Fusarium brasiliense* e *Fusarium crassistipitatum* são causadores de doenças denominadas como podridão vermelha da raiz; e no feijoeiro, o fungo *Fusarium oxysporum* é causador da murcha de fusarium (ROSATI et al., 2020; DEMARTELAERE et al., 2021). Essas doenças se manifestam em reboleiras, causando amarelecimento e murcha na parte aérea das plantas, seguido da queda precoce das folhas. Na soja, pode-se notar uma coloração castanho-claro nos vasos do lenho, já no feijão se observa a descoloração dos vasos (FIGURA 4) (CARDOSO, 1990; HENNING et al., 2014).

FIGURA 4 – *Fusarium spp.* em soja (A) e feijão (B)



Fonte: (A) Madalosso (2012); (B) Agrolink (2023)

2.3.5 *Colletotrichum spp.*

Os fungos do gênero *Colletotrichum spp.* são causadores da doença chamada antracnose, que infecta as sementes, vagens, folhas e hastes de diversas plantas. Nas sementes apresentam manchas empalidecidas e deprimidas. Nas folhas, apresentam manchas escuras nas nervuras. Já nas hastes, mostra-se com lesões escuras, tornando-se depressivas com o desenvolvimento do fungo. Os locais infectados normalmente apresentam pontuações negras, as quais são as frutificações do fungo (FIGURA 5) (REY et al., 2009; HENNING et al., 2014).

FIGURA 5 – *Colletotrichum* spp. em soja (A) e feijão (B)

Fonte: (A) Agrolink (2023); (B) Debortoli (2012)

2.4 SILÍCIO

O silício (Si) é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre (MENECALE *et al.*, 2015). Esse elemento não é classificado como essencial às plantas, já que não atende aos critérios de essencialidade, porém, apresenta em alguns casos uma resposta positiva das mesmas. Sendo assim, junto com outros elementos, como o sódio (Na) e selênio (Se), o silício é classificado como um elemento benéfico. Estes benefícios são observados tanto em aspectos morfológicos, como de estruturação (SANTOS *et al.*, 2021).

A planta absorve o silício preferencialmente na sua forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), sendo que o transporte do elemento na planta ocorre nos vasos do xilema (SANTOS *et al.*, 2021). Seu acúmulo se dá principalmente nas paredes celulares, sendo muito útil para a planta em situações de estresse. Esse acúmulo também pode se tornar barreiras físicas, formadas sobre a cutícula da planta, que dificultam a penetração dos patógenos e sua instalação nas células (WANG *et al.*, 2017). Além disso, o silício pode ter atuação na estrutura molecular das plantas, ajustando genes de defesa da planta (SANTOS *et al.*, 2021).

2.5 LIGNINA

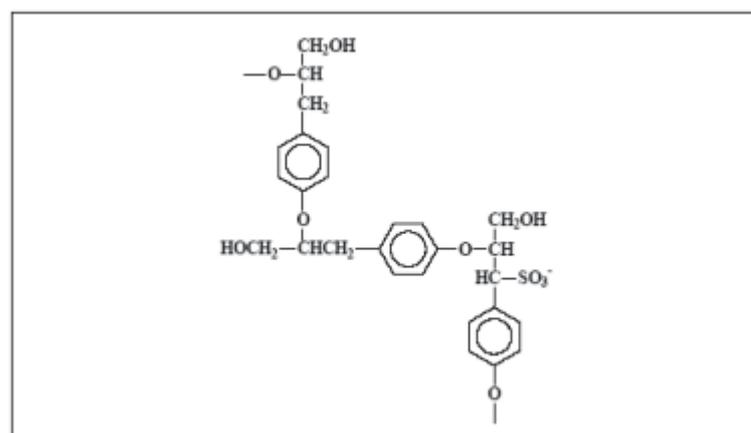
A lignina é o segundo material mais abundante dos vegetais, ficando atrás apenas da celulose. Na planta, tem ação protetora contra microrganismos e também auxilia na resistência mecânica e processos de transporte, como por exemplo, facilitando a translocação de água na planta (SANTOS, 2008; JUNIOR *et al.*, 2018).

Atualmente, as ligninas são obtidas em abundante quantidade na indústria madeireira e sua principal finalidade é como fonte de energia para caldeiras de recuperação (SANTOS, 2008).

2.5.1 Lignosulfonatos

Os lignosulfonatos são resíduos da sulfonação de ligninas, originados do processo de polpação sulfito da madeira para obtenção de celulose, resultando no chamado “licor negro” (ROSA&HILLIG, 2014). Parte da sua estrutura química é apresentada na Figura 6.

FIGURA 6 – PARTE DA ESTRUTURA QUÍMICA DO LIGNOSULFONATO



FONTE: Silva (2016)

2.5.1.1 Lignosulfonato de cálcio

Fabricado a partir de lixívias da madeira de pinus, é um produto altamente homogêneo, que devido a presença de açúcar na sua composição, possui o poder de aglomerar partículas sólidas. Dissolvidos em água, são utilizados em produtos aglomerantes, produtos de limpeza industrial, cerâmica, defensivos agrícolas, entre

outros (SILVA, 2016). Apesar de poder ser utilizado em várias áreas, o LS é um produto pouco conhecido pelos consumidores (SCHUELER, 2014). Com isso, não há relatos que esse produto tenha controle sobre fitopatógenos quando utilizado isoladamente. Porém, segundo Meyer, Campos & Godoy (2015), sua associação com alguns produtos químicos mostrou um melhor controle de mofo-branco.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de compostos à base de silício e lignosulfonato de cálcio no controle *in vitro* e *ex vivo* de patógenos na cultura da soja (*Glycine max*) e do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*).

3.2 ESPECÍFICOS

- Testar a eficiência de controle do composto à base de silício (Techcrop®) no crescimento micelial de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolsfii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium crassistipitatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*, provenientes da cultura da soja e do feijoeiro.
- Testar a eficiência de controle do composto lignosulfonato de cálcio (macromolécula semelhante a lignina e nanopartícula) no crescimento micelial de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolsfii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium crassistipitatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*, provenientes da cultura da soja e do feijoeiro.
- Testar o efeito *ex vivo* do tratamento de sementes de feijoeiro com composto à base de silício (Techcrop®), em solo contaminado com *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolsfii*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum truncatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*.
- Testar o efeito *ex vivo* do tratamento de sementes de feijoeiro com o composto lignosulfonato de cálcio (macromolécula semelhante a lignina), em solo contaminado com *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolsfii*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum truncatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO

O experimento foi realizado no Laboratório de Epidemiologia para Manejo Integrado de Doenças de Plantas (LEMID), localizado no Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

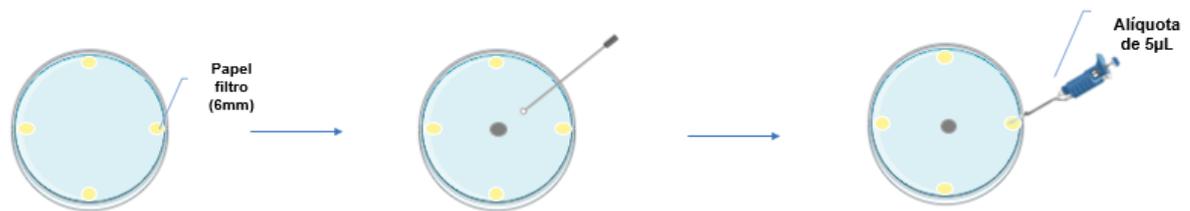
4.2 PREPARO DAS NANOPARTÍCULAS DE LSCa-R

Em parceria com o Laboratório de Biopolímeros (BIOPOL/UFPR), nanopartículas de lignosulfonato de cálcio (LSCa-R) foram obtidas utilizando o método de nanoprecipitação. Para isso, 42,8mg de LSCa-R foram dissolvidos em 4,185mL de água. Sob agitação magnética, esta mistura foi adicionada a 12g de etanol, com o auxílio de uma bomba peristáltica com fluxo de 0,5mL/min. Esta reação permaneceu em agitação por 24 horas em temperatura ambiente. Após este período, a amostra foi centrifugada (8500 rpm por 30 minutos), separando-se em seguida o sobrenadante e o precipitado.

4.3 EXPERIMENTO 1 (*In vitro*)

Em placas de Petri (60x15mm) contendo meio de cultura BDA foram dispostos 4 discos de papéis de filtros (Ø 6mm) em pontos equidistantes da placa. No centro de cada uma das placas foi depositado um disco de micélio com 4mm de diâmetro dos isolados dos fungos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium crassistipitatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola* provenientes das culturas da soja e do feijoeiro. Na sequência, sobre os papéis filtros foi depositado uma alíquota de 5µL contendo os seguintes tratamentos: a) composto à base de silício (TechCrop®) (15mL.L⁻¹) e b) composto de LSCa-R em nanopartículas (42,8 mg.20mL⁻¹); c) LSCa (100mg.mL⁻¹) e d) testemunha aplicado água destilada autoclavada, como demonstrado na Figura 7.

FIGURA 7 – PREPARO DAS PLACAS DE PETRI COM PAPEL FILTRO, ADIÇÃO DOS PATÓGENOS E APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS.



FONTE: O autor (2023)

As placas foram incubadas em BOD, sob temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, e fotoperíodo de 12 horas. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições, cada placa de Petri representando uma unidade experimental. A avaliação foi realizada a partir da observação do crescimento micelial da testemunha, considerando o dia da avaliação como o momento em que o micélio do tratamento controle encostava na borda da placa. A avaliação consistiu na mensuração de duas medidas diametralmente opostas da colônia do fitopatógeno, com o auxílio de paquímetro digital.

Para análise estatística, quando possível, os dados foram submetidos a análise de variância e a normalidade da distribuição dos erros e a homogeneidade de variâncias foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e Bartlett ($p > 0,05$), respectivamente. As médias quando diferentes estatisticamente foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância. Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico RStudio® (R CORE TEAM, 2022).

4.4 EXPERIMENTO 2 (*Ex vivo*)

4.4.1 Preparo do solo

O substrato foi adicionado a vasos de alumínio com capacidade de quatro litros, selados com papel kraft, e posteriormente colocados em autoclave para esterilização a 121°C por duas horas. O mesmo processo foi repetido 24 horas depois nas mesmas condições. O substrato permaneceu em temperatura ambiente para que resfriasse por pelo menos 48 horas antes do seu uso.

Para realização do experimento, 100g do substrato seco e autoclavado foram adicionadas a copos plásticos de 200ml. O experimento foi realizado com 4

repetições para cada tratamento, sendo esses: a. controle dos patógenos (6 patógenos); b. controle para cada produto (silício e lignosulfonato de cálcio), sem a adição dos patógenos; c. controle apenas da cultura (feijoeiro), sem patógenos e/ou tratamento; d. aplicação de silício e inoculação de todos os patógenos; e. aplicação de lignosulfonato de cálcio e inoculação de todos os patógenos.

4.4.2 Preparo do inóculo

Para o preparo do inóculo foi utilizado arroz branco como substrato. Em recipientes de vidro de 500ml foram adicionados 30g de arroz branco e 21ml de água destilada. Posteriormente, os frascos foram levados a autoclave por 30 minutos a 121°C e após isso, deixados resfriar em temperatura ambiente. Então, foram adicionados 5 discos (Ø 6mm) de micélio por frasco dos seguintes patógenos: *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum truncatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*. Os frascos foram incubados em BOD, em temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas, homogeneizados quando necessário por 7 dias.

4.4.3 Infestação do solo

Em cada copo plástico contendo substrato, 1g de arroz branco colonizado por cada um dos fitopatógenos, foi adicionado nos 5cm superficiais. No tratamento testemunha de culturas e de produtos não ocorreu a adição de fitopatógenos. Após a infestação, o solo foi irrigado e os copos foram incubados em câmara de crescimento do tipo Coviron a 25°C e fotoperíodo de 12 horas por 24 horas, para posterior adição das sementes.

4.4.4 Desinfestação e tratamento de sementes

Para a desinfestação das sementes do feijoeiro, as mesmas foram imersas em etanol 70% por 30 segundos. Em seguida, foram mergulhadas em solução de hipoclorito a 2% por 1 minuto e enxaguadas três vezes em água destilada autoclavada. As sementes permaneceram sobre papel toalha até a secagem parcial.

Na sequência, os tratamentos foram adicionados às sementes nas seguintes concentrações: a) composto à base de silício (TechCrop®) (0,8ml/ 100gramas de semente); b) lignosulfonato de cálcio (6ml/100gramas de semente); c) testemunha. As sementes foram homogeneizadas por dois minutos, a fim de obter uma distribuição uniforme dos tratamentos. Em seguida, as sementes foram plantadas e então incubadas a 25°C, fotoperíodo de 12hrs em BOD.

4.4.5 Avaliação

Os recipientes foram observados diariamente com o intuito de identificar os estágios de germinação. A irrigação ocorreu conforme necessário, geralmente a cada 3 dias. Ao fim do período de 15 dias, cada plântula foi avaliada individualmente para determinação da presença ou ausência de sintomas e alterações no desenvolvimento.

A porcentagem de germinação de sementes foi definida a partir da emergência das mesmas. A germinação (G) foi calculada pela fórmula $G = (N/100) \times 100$, em que: N = número de sementes germinadas ao final do teste. O potencial dos produtos alternativos utilizados, foi medido através da avaliação número de raízes e tamanho do hipocótilo.

Para análise estatística, quando possível, os dados foram submetidos a análise de variância e a normalidade da distribuição dos erros e a homogeneidade de variâncias foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e Bartlett ($p > 0,05$), respectivamente. As médias quando diferentes estatisticamente foram comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico RStudio® (R CORE TEAM, 2022).

5 RESULTADOS

5.1 EXPERIMENTO 1 (*in vitro*)

Cada um dos fungos apresenta um tempo de crescimento distinto, o que resulta em momentos de avaliação variados. O fungo que obteve o crescimento mais rápido foi *Rhizoctonia solani*, com 2 dias para encostar na borda da placa. Já o mais lento foi *Colletotrichum lindemuthianum*, com 9 dias para encostar na borda da placa, como apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 – DIAS APÓS A INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO PARA O MICÉLIO FÚNGICO ENCOSTAR NA BORDA DA PLACA (60x15mm).

FUNGOS	DIAS PARA O MICÉLIO ENCOSTAR NA BORDA DA PLACA
<i>Colletotrichum graminicola</i>	5
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	9
<i>Fusarium crassistipitatum</i>	7
<i>Rhizoctonia solani</i>	2
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	3
<i>Sclerotium rolfsii</i>	3

FONTE: O autor (2023)

Para o decrescimento micelial de *S. sclerotiorum*, a testemunha apresentou o crescimento de 60mm, assim como os que receberam tratamento com LSCa-R nanoparticulado e o composto a base de silício. Já para o tratamento com LSCa (100mg.ml⁻¹), a média foi de 56mm, não obtendo diferença estatística significativa entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey (5%), como observamos na TABELA 2.

As médias do diâmetro do micélio para os fungos *S. rolfsii*, *R. solani*, *F. crassistipitatum*, *C. lindemuthianum* e *C. graminicola* possuem o mesmo valor (60mm), sendo considerados não significativos entre si (TABELA 2).

TABELA 2 – CRESCIMENTO MICELIAL (mm) DE *S. sclerotiorum*, *S. rolfsii*, *R. solani*, *F. crassistipitatum*, *C. graminicola* e *C. lindemuthianum* EM RELAÇÃO AOS DIFERENTES TRATAMENTOS COM LIGSULFONATO DE CÁLCIO (100mg.ml⁻¹ E NANOPARTICULADO) E PRODUTO COM BASE DE SÍLCIO.

Tratamentos	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	<i>Sclerotium. rolfsii</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Fusarium crassistipitatum</i>	<i>Colletotrichum graminicola</i>	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>
	Diâmetro (mm)					
Testemunha	60 a	60 ns	60 ns	60 ns	60 ns	60 ns
LSCa 100 mg.ml ⁻¹	56 a	60	60	60	60	60
LSCa-R nano	57 a	60	60	60	60	60
Silício	58 a	60	60	60	60	60
CV (%)	4,48					

FONTE: O autor (2023)

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ns não significativo.

5.2 EXPERIMENTO 2 (*ex vitro*)

Para a variável germinação de sementes, diferença estatística significativa foi observada para os fungos *S. sclerotiorum*, *S. rolfsii* e *R. solani*. Para *S. sclerotiorum*, a germinação dos tratamentos controle do patógeno, controle silício, controle LSCa (100mg.ml⁻¹) e controle da cultura (feijão) se mostraram semelhantes estatisticamente, com germinação de 50% a 75%, diferindo dos demais tratamentos, que não obtiveram germinação (0%). Para *S. rolfsii*, o tratamento controle do patógeno se manteve semelhante aos demais tratamentos que combinaram os produtos (silício e LSCa) com o patógeno, com taxas de germinação de 0% a 25%, diferindo dos demais controles. Já para *R. solani*, o controle do patógeno mostrou-se igual aos tratamentos que combinaram os produtos (silício e LSCa) com o patógeno, apresentando uma ausência total de germinação das sementes (0%), diferindo dos demais controles. Quanto a *C. truncatum*, *C. graminicola* e *C. lindemuthianum*, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre eles (TABELA 3).

TABELA 3 – GERMINAÇÃO DE SEMENTES INOCULADAS COM OS FUNGOS *S. sclerotiorum*, *S. rolsfii*, *R. solani*, *C. truncatum*, *C. graminicola* e *C. lindemuthianum* TRATADAS COM LIGSULFONATO DE CÁLCIO (100mg.ml⁻¹) E COMPOSTO À BASE DE SÍLCIO.

Tratamentos	<i>Sclerotinia</i>	<i>Sclerotium</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Colletotrichum</i>
	<i>sclerotiorum</i>	<i>rolsfii</i>	<i>solani</i>	<i>truncatum</i>	<i>graminicola</i>	<i>lindemuthianum</i>
Germinação (%)						
Controle Feijão	75 a	75 a	75 a	75 ns	75 ns	75 ns
Controle Silício	75 a	75 a	75 a	75	75	75
Controle LSCa100	75 a	75 a	75 a	75	75	75
Controle Patógeno	50 a	25 b	0 b	100	75	25
Silício + Patógeno	0 b	0 b	0 b	100	100	75
LSCa100 + Patógeno	0 b	0 b	0 b	75	75	25
CV (%)	92,51	97,74	94,03	48,93	57,58	85,57

FONTE: O autor (2023)

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ns não significativo.

Devido a não germinação das sementes nos tratamentos que combinam silício e LSCa com os patógenos, para os fungos *S. sclerotiorum*, *S. rolsfii*, *R. solani*, não foi possível realizar a avaliação do número de raízes e tamanho do hipocótilo. Para *C. truncatum*, *C. graminicola* e *C. lindemuthianum* os tratamentos se mostraram não significativos entre si (TABELA 4 e 5).

TABELA 4 – NÚMERO DE RAÍZES DE PLÂNTULAS EXPOSTAS AOS FUNGOS *C. truncatum*, *C. graminicola* e *C. lindemuthianum* TRATADAS COM LIGSULFONATO DE CÁLCIO (100mg.ml⁻¹) E COM COMPOSTO À BASE DE SILÍCIO.

Tratamentos	<i>C. truncatum</i>	<i>C. graminicola</i>	<i>C. lindemuthianum</i>
	Número de Raízes		
Controle Feijão	6 ns	46 ns	6 ns
Controle Silício	9	9	9
Controle LSCa100	10	10	10
Controle Patógeno	8	8	2
Silício + Patógeno	4	9	6
LSCa100 + Patógeno	6	7	1
CV (%)	72,25	77,96	85,74

FONTE: O autor (2023)

ns não significativo.

TABELA 5 – TAMANHO DO HIPOCÓTILO DE PLÂNTULAS EXPOSTAS AOS FUNGOS *C. truncatum*, *C. graminicola* e *C. lindemuthianum* TRATADAS COM LIGSULFONATO DE CÁLCIO (100mg.ml⁻¹) E COM PRODUTO COM BASE DE SÍLCIO.

Tratamentos	<i>C. truncatum</i>	<i>C. graminicola</i>	<i>C. lindemuthianum</i>
	Tamanho do Hipocótilo (cm)		
Controle Feijão	8 ns	8 ns	8 ns
Controle Silício	7	7	7
Controle LSCa100	9	9	9
Controle Patógeno	6	8	2
Silício + Patógeno	5	5	7
LSCa100 + Patógeno	5	6	2
CV (%)	72,48	71,34	87,76

FONTE: O autor (2023)

ns não significativo.

6 DISCUSSÃO

Encontrar compostos alternativos na agricultura para auxiliar o desenvolvimento das plantas e o controle de doenças é muito importante, já que existe uma pressão acerca de manejos mais sustentáveis e altas produtividades. Contudo, no presente trabalho, nem o lignosulfonato de cálcio e nem o composto à base de silício foram capazes de inibir o crescimento micelial *in vitro* dos patógenos em teste. Bem como, nenhum dos compostos obteve potencial de desenvolvimento das plântulas e controle dos fitopatógenos na cultura do feijoeiro no ensaio *ex vitro*.

Os resultados obtidos no ensaio *in vitro* pode estar relacionado a diversos fatores. Como por exemplo, é possível que esses compostos tenham uma ação voltada para a proteção da planta em vez de atuar diretamente sobre os fungos. Além disso, a concentração utilizada dos compostos pode ter sido muito baixa para exercer um efeito significativo sobre os patógenos. De acordo com Anjos et al. (2014), o patógeno *Xanthomonas* spp. em tomateiro não foi controlado em experimento *in vitro* quando exposto ao silício coloidal nas concentrações de 10, 30, 40 e 50 $\mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$. Em outro estudo realizado com *Sclerotinia* sp. (ectomicorriza), o crescimento do fungo não foi afetado quando adicionado ao meio de cultivo MNM contendo concentrações de 2,5; 5 e 10mg/L de lignosulfonato de cálcio, conforme relatado por Morelato (2013).

No experimento *ex vitro*, os resultados não apresentaram resultados significativos na germinação e nas características das plântulas. Essa falta de resposta pode ser atribuída a duas possíveis razões: primeiro, a alta pressão de inóculo no ambiente experimental pode ter sido um fator limitante para a eficácia dos produtos testados; segundo, é possível que esses compostos atuem principalmente na proteção das plantas em estágios mais avançados de desenvolvimento, em vez de exercer um efeito direto sobre a germinação e o crescimento inicial das plântulas. Resultados interessantes foram obtidos por outros autores utilizando o silício e o lignosulfonato de cálcio. Segundo Juliatti et al. (2004), a aplicação de silicato de cálcio em pó no sulco de plantio resultou em uma menor infecção de *Fusarium* spp. em sementes de soja. Também pode-se observar o controle de *Cercospora coffeicola* em mudas previamente tratadas com 1g de silício para 1kg de substrato, em que a partir de folhas destacadas e inoculadas com o patógeno, alcançaram 63,2% de redução nas folhas lesionadas e de 43% no total das lesões por planta

(POZZA *et al.*, 2003). Já o lignosulfonato combinado com fungicidas a campo, mostrou controle de 85% do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* em relação a testemunha (MEYER *et al.*, 2015). Essas considerações sugerem que, para uma avaliação mais abrangente do potencial dos compostos à base de silício e lignosulfonato de cálcio, pode ser necessário ajustar a dosagem ou o momento de aplicação.

Para ensaios futuros, a realização de experimentos em ambientes controlados e não controlados pode ser útil para entender como o ambiente influencia a eficácia dos compostos. Além disso, trabalhar com diferentes concentrações, testando dosagens mais altas, poderia revelar respostas mais efetivas. Outras abordagens podem incluir a aplicação dos compostos via foliar ou via solo, utilizando pulverizadores ou água de irrigação, e testar diferentes estágios de desenvolvimento das plantas para verificar se alguma fase específica responde melhor ao tratamento. Outra possibilidade seria realizar diferentes tempos de aplicação e/ou mais aplicações para avaliar o efeito cumulativo dos compostos sobre as plantas e ação sobre as doenças. Com esses enfoques, seria possível obter um panorama mais abrangente sobre o potencial desses compostos no controle de patógenos nas culturas. Esses estudos adicionais podem fornecer informações cruciais para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de manejo de doenças, contribuindo para uma agricultura mais sustentável e produtiva.

7 CONCLUSÃO

O composto à base de silício não se mostrou eficiente no controle do crescimento micelial de fungos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium crassistipitatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*.

O composto de lignosulfonato de cálcio não se mostrou eficiente no controle do crescimento micelial de fungos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium crassistipitatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*.

O tratamento de sementes do feijoeiro com composto à base de silício não demonstrou efeito positivo sobre os fungos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum truncatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*.

O tratamento de sementes do feijoeiro com composto à base de lignosulfonato de cálcio (macromolécula semelhante a lignina) não demonstrou efeito positivo sobre os fungos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum truncatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Colletotrichum graminicola*.

8 REFERÊNCIAS

AGROLINK. Amarelecimento de fusarium. 2023. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/amarelecimento-de-fusarium_2818.html.

Acesso em: 04 jul. 2023.

AGROLINK. Podridão dos grãos e das sementes. 2023. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/problema/antracnose_1852.html. Acesso em:

04 jul. 2023.

ANJOS, T. V. *et al.* Fontes de silício no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas spp.*) do tomateiro. *Summa phytopathol.* 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sp/a/SDMX5YkBpJZvRjscGSVnR3r/>. Acesso em: 14 jul. 2023.

BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. Origem e evolução de plantas cultivadas. Embrapa. Brasília. 2008. pg 359-376. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/746617/origem-e-evolucao-de-plantas-cultivadas>. Acesso em: 10 mar. 2023

BARBOSA, J. V. Influência do lignosulfonato de sódio no processo de inibição de corrosão em meio ácido sobre aço 304L. 2018. Disponível em:

https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39239/3/2018_tcc_jvlbarbosa.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

BARONI, G. D.; BENEDETI, P. H.; SEIDEL, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. *THEMA.* 2017. Disponível em:

<https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/452/681>. Acesso: 20 mar. 2023.

CARBONELL, S. A. M. *et al.* Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. *Ciência Rural.* 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cr/a/LkTBS6NBBCXLxXQ8RmrWmLr/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 10 mar 2023.

CARDOSO, J. E. Doenças do feijoeiro causadas por patógenos de solo. EMBRAPA Arroz & Feijão. 1990. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/192388/doencas-do-feijoeiro-causadas-por-patogenos-de-solo>. Acesso em: 10 mar. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Boletim da Safra de Grãos (mar/2023). 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 17 mar. 2023.

COSTA, M. J. N. *et al.* Avaliação de produtos alternativos no controle da Ferrugem do Cafeeiro. Fitopatologia Brasileira. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fb/a/JYpYYYSXfnzXYp9rP6X4GhQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 jul. 2023.

DEBORTOLI, M. *Sclerotium rolfsii*. Elevagro. 2021. Disponível em: <https://elevagro.com/conteudos/fotos/fotos-de-sclerotium-rolfsii-em-feijao>. Acesso em: 03 jul 2023.

DEBORTOLI, M. Sintomas de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) em legumes de feijão. Elevagro. 2012. Disponível em: <https://elevagro.com/conteudos/fotos/sintomas-de-antracnose-colletotrichum-lindemuthianum-em-legumes-de-feijao-3>. Acesso em: 03 jul 2023.

DEBORTOLI, M. Sintomas de podridão radicular de rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*) em plantas de feijão. Elevagro. 2012. Disponível em: <https://elevagro.com/foto/sintomas-de-podridao-radicular-de-rhizoctonia-rhizoctonia-solani-em-plantas-de-feijao/>. Acesso em: 03 jul 2023.

DEMARTELAERE, A. C. F. *et al.* Controle biológico da murcha de fusarium no feijão caupi. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23096/18548>. Acesso em: 15 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Soja em números (safra 2020/21). 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 10 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Soja em números (safra 2021/22). 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 14 jul. 2023.

FAGERIA, N. K. *et al.* Nutrição mineral do feijoeiro. EMBRAPA. 2015. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00054110.pdf>. Acesso: 10 mar. 2023.

GAZZONI, D.L.; DALL'AGNOL, A. A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C. EMBRAPA SOJA. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1093166/a-saga-da-soja-de-1050-ac-a-2050-dc>. Acesso em: 15 mar. 2023.

GODOY, C. V. Atualizações no controle de doenças foliares na cultura da soja. EMBRAPA. Londrina. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1010782/atualizacoes-no-controle-de-doencas-foliares-na-cultura-da-soja#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20fungicidas%20na,intensivo%20e%20da%20aus%C3%Aancia%20de>. Acesso em: 10 mar. 2023.

GOULART, A. C. P. *Rhizoctonia solani*. ResearchGate. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Rhizoctonia-solani-plantulas-com-sintomas-tipicos-lesoes-deprimidas-marrom-avermelhadas_fig13_280533015. Acesso em: 03 jul 2023.

HENNING, A. A. *et al.* Manual de identificação de doenças de soja. Embrapa. 5ª edição. Londrina. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105942/1/Doc256-OL.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

JULIATTI, F. C. *et al.* Influência do silício na redução de podridão de sementes por *Fusarium semitectum* na cultura da soja. 2004. Disponível em <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6514>. Acesso em: 14 jul. 2023.

JUNIOR, S. V. Estudo da aplicação de lignina kraft em formulação de liberação controlada para manejo integrado de pragas. EMBRAPA AGROENERGIA. 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1100927/1/BPD17CNPAE.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2023

MADALOSSO, M. G. Sintomas de podridão branca da haste (*Sclerotium rolfsii*) em planta de soja. Elevagro. 2012. Disponível em: <https://elevagro.com/foto/sintoma-de-podridao-branca-da-haste-sclerotium-rolfsii-em-planta-de-soja-1>. Acesso em: 03 jul 2023.

MADALOSSO, M. G. Sintomas de podridão vermelha da raiz (*Fusarium solani*) em plantas de soja. Elevagro. 2012. Disponível em: <https://elevagro.com/conteudos/fotos/sintomas-de-podridao-vermelha-da-raiz-fusarium-solani-em-plantas-de-soja>. Acesso em: 03 jul 2023.

MARELATTO, J. Ação do lignosulfonato na promoção do crescimento de fungo ectomicorrizico *in vitro* e na agregação de partículas em substrato para plantio de mudas de *Pinus taeda*. UNIARP. 2013. Disponível em: https://acervo.uniarp.edu.br/?tcc_graduacao=acao-do-lignosulfonato-na-promocao-do-crescimento-de-fungo-ectomicorrizico-in-vitro-e-na-agregacao-de-particulas-em-substrato-para-plantio-de-mudas-de-pinus-taeda. Acesso em: 14 jul. 2023.

MAYER, M. C. *et al.* Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2013/2014 – resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Embrapa Soja. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274960353_Eficiencia_de_fungicidas_para_controle_de_mof

branco_Sclerotinia_sclerotiorum_em_soja_na_safra_20132014_-_resultados_sumarizados_dos_ensaios_cooperativos. Acesso em: 12 jul. 2023.

MENEGALE, M. L. de C. Silício: interação com o sistema solo-planta. *Journal of Agronomic Sciences*. 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1025188/1/CPAFAP2015Siliciointeracaocomosistemasoloplanta.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MEYER, M. FOTO: *Sclerotinia sclerotiorum*. 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-projetos/-/projeto/8398/control-biologico-do-mofo-branco-do-feijoeiro-sclerotinia-sclerotiorum-em-cultivo-de-outono-inverno>. Acesso em: 03 jul 2023.

NASCIMENTO, H. A. Produção de biopolímero de celulose bacteriana aditivado com antioxidante natural. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/46531/1/TESE%20Helenise%20Almeida%20do%20Nascimento.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

PENHA, L. A. O. *et al.* A Soja como Alimento: Valor Nutricional, Benefícios para a Saúde e Cultivo Orgânico. B. CEEPPA. Curitiba. V. 25, p. 91-102. 2007. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328054378.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

PEREIRA, S. C. *et al.* Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. *Tropical Plant Pathology*. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tpp/a/Rm3Ls79vpbvs36XGqhX49RF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 mar. 2023.

POZZA, A. A. A. *et al.* Efeito do silício no controle da Cercosporiose em três variedades de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fb/a/5MJTjL7pXrgDkjgpmWfSzgH/?lang=pt>. Acesso em: 14 jul. 2023.

REY, M.S. *et al.* Transmissão semente-plântula de *Colletotrichum lindemuthinum* em feijão (*Phaseolus vulgaris*). Disponível em:

http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v76_3/rej.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

ROSA, T. S.; HILLING, E. Utilização de lignosulfonato de amônio na produção de painéis aglomerados. *Brazilian Journal of Wood Science*. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4788/3544>. Acesso em: 14 abr. 2023.

ROSATI R. G. *et al.* Pathogenicity and toxicity of *Fusarium tucumaniae* and *Fusarium crassistipitatum* to soybean and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Pathology*. 2020. Disponível em: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ppa.13286>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SANTOS, I. D. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. 2008. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3594/1/2008_IrisDiasSantos.pdf. Acesso em: 17 mar. 2023

SANTOS, L. C. *et al.* O papel do silício nas plantas. *Research, Society and Development*. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16247/14508> Acesso em: 18 mai 2023.

SCHUELLER, M. V. E. Avaliação das propriedades de colagem de lignosulfonatos e de suas misturas com resinas sintéticas e tanino de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. 2014. Disponível em: <http://repositorio.im.ufrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/2802/1/Monografia%20-%20Maria%20Vanessa.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2023.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO (SEAB-PR). Prognóstico Feijão – novembro de 2020. 2020. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/Feijao_2021.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

SIEBEN, A.; MACHADO, C. A. Histórico e Contextualização Sócio-Econômica e Ambiental da Soja (*Glycine Max*) no Brasil. Goiânia, n. 7, p. 01–18 pág., 2013. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/25917>. Acesso em: 10 mar. 2023.

SILVA, M. A. Utilização de lignosulfonato de cálcio e magnésio em misturas com fenol-formaldeído na produção de painéis aglomerados. 2016. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/1136/2/2016%20-%20Marcelly%20Alves%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 15 jun 2023.

VANIA, J. S. *et al.* Integração soja e pastagem: uma revisão de literatura. 2015. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3536/3788>. Acesso em: 15 mar. 2023.

VARGAS, N. M. Potencial de isolados de *Thichoderma* no biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum*. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/242707/TCC-Nicolly-Melissa-de-Vargas-.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 mar. 2023.

WANG, M. *et al.* Role of Silicon on Plant-Pathogen Interactions. *Front. Plant Sci.* 2017. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00701/full>. Acesso em: 12 jul. 2023.