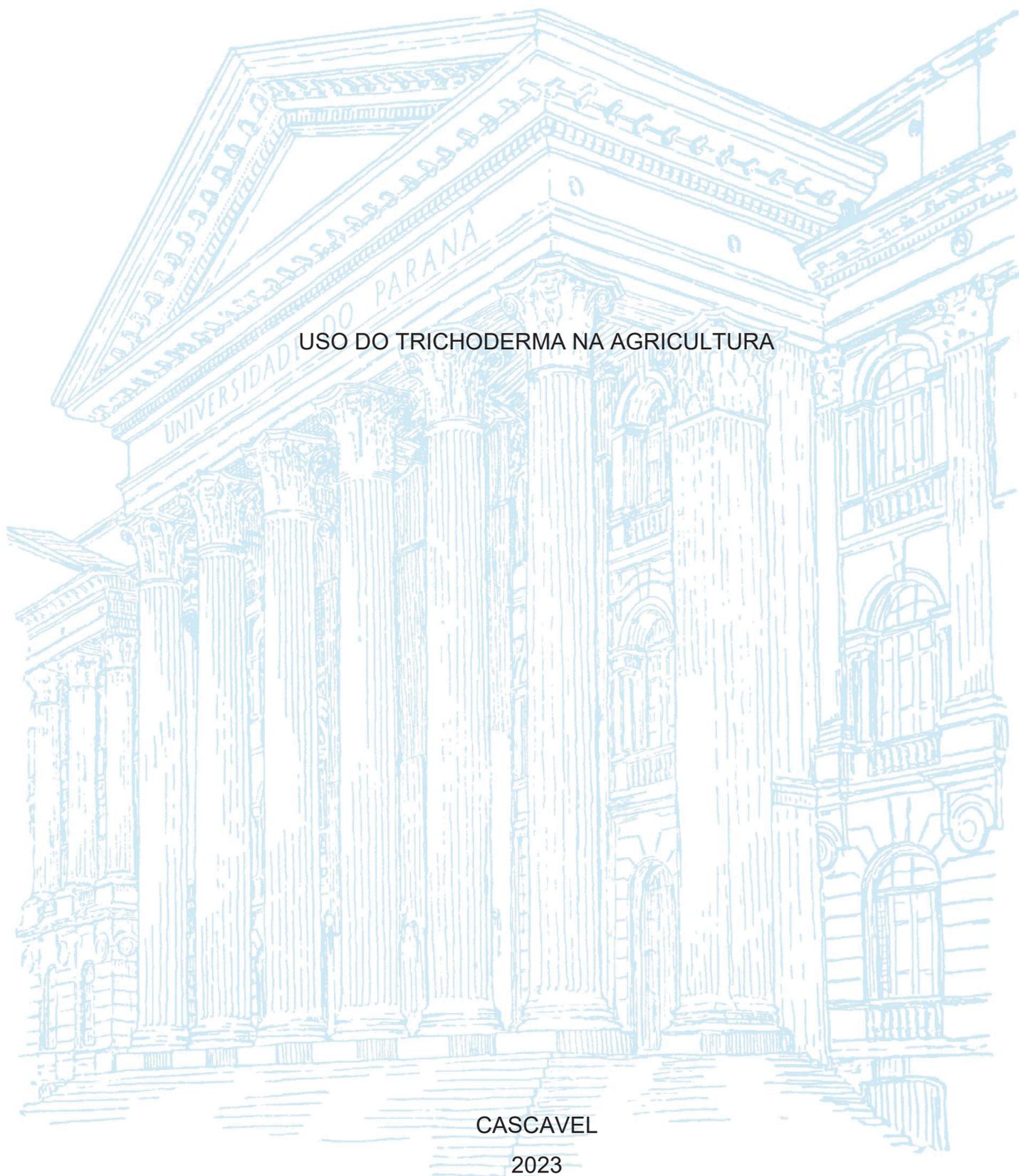


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE VILMOR MANTOVANI

USO DO TRICHODERMA NA AGRICULTURA



CASCADEL

2023

FELIPE VILMOR MANTOVANI

USO DO TRICHODERMA NA AGRICULTURA

Artigo 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.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro

CASCADEL

2023

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, que sempre me ilumina e me abençoa com o dom da vida e do aprendizado, por estar presente em todos os momentos da minha vida e por me guiar nesta caminhada. Aos meus pais, irmãos e minha noiva, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar a Deus e ao meu pai Vilmor Mantovani (em memória) que estão lá no céu sempre me abençoando e me iluminando para que eu possa seguir em frente e tomar as decisões certa na vida, quero agradecer a minha família que sempre me ajuda de alguma maneira minha mãe Idete Taufer Defante Mantovani e meus irmãos Valdérico Jorge Mantovani e Marlon Celso Mantovani, também fica aqui meu agradecimento a minha noiva Jéssica Zanelatto Barboza pelo apoio e companheirismo das noites e feriados ouvindo as minhas ideias.

Também saúdo aqui o professor e Dr. Sérgio Miguel Mazaro, por aceitar ser meu orientador neste projeto, agradeço pelos ensinamentos e ajuda com as ideias para que esse trabalho se tornasse realidade. À Universidade Federal do Paraná e seus colaboradores pelas oportunidades e por me proporcionar o aprendizado e experiências transformadoras e enriquecedoras.

E a todos que de alguma maneira, contribuíram e estiveram ao meu lado, ficam os meus mais sinceros agradecimentos.

Não reclame se a terra não é boa;
Que o clima não é favorável;
Não lhe cabe julgar a terra ou o tempo;
Tua missão é semear!
(Vade Bernaski, 2017.)

RESUMO

Com a sociedade cada vez mais preocupada com os impactos ambientais e a contaminação da cadeia alimentar com agroquímicos, nota-se uma maior procura por alimentos livres desses produtos. Uma das alternativas para a redução do uso de agrotóxicos é o controle biológico. O aumento da população mundial e as mudanças climáticas representam um desafio para a produção agrícola global. Há uma necessidade de intensificar a produção agrícola e com isso vem os monocultivos, com grande carga de agroquímicos, resultando na baixa diversidade microbiológica do solo, com conseqüente seleção de patógenos, como fungos de solos e nematoides, visando diminuir esses problemas os produtores vêm cada vez mais utilizando agentes de biocontrole, com destaque para o *Trichoderma* no seu manejo, por ser um fungo altamente benéfico, o qual vem demonstrando eficiência no manejo de diversas doenças de solo. O seguinte trabalho teve como objetivo efetuar uma revisão bibliográfica sobre o uso do fungo *Trichoderma* no manejo biológico de doenças em plantas. O gênero *Trichoderma* engloba várias espécies de fungos filamentosos, esses microrganismos pertencem ao filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem Hypocreales e família Hypocreaceae. Tem ação inibitória através de mecanismos diretos e/ou indiretos como antibiose, inibição ou supressão dos fitopatógenos pela produção e liberação de toxinas metabólitos voláteis e não voláteis como ácidos harziânico, heptelídico e enzimas como alameticinas, tricholinas e glisopreninas. Na supressão por competição, no qual o agente antagonista disputa por espaço e/ou nutrientes contra o patógeno, o qual impede a infecção da planta. O hiper parasitismo que consiste em degradação da parede celular do patógeno em função da liberação de enzimas líticas pelo agente antagonista. O controle sobre mofo branco pode se observar em quase 99 % dos trabalhos encontrados que o *Trichoderma* é altamente eficaz no seu controle quando aplicado de forma correta e no momento certo, parasitando o escleródio, estrutura de resistência da *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo branco. Algumas pesquisas mostraram que plantas colonizadas com *Trichoderma*, mostrou um maior aumento no crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, ajudando na produtividade das culturas e na resistência das plantas a estresses causados por fatores ambientais. O *Trichoderma* representa uma alternativa relevante para compor o manejo integrado de doenças em grandes culturas, mas para isso se tornar realidade precisamos estar em constante busca de conhecimento para se entender a melhor forma de intervenção e correto manejo.

Palavras-chave: mofo branco; fungo; biofungicida; biocontrole; promoção de crescimento.

ABSTRACT

With society increasingly concerned about environmental impacts and the contamination of the food chain with agrochemicals, there is a greater demand for food free of these products. One of the alternatives for reducing the use of pesticides is biological control. The increase in world population and climate change pose a challenge to global agricultural production. There is a need to intensify agricultural production and with that comes monocultures, with a large load of agrochemicals, resulting in low microbiological diversity in the soil, with consequent selection of pathogens, such as soil fungi and nematodes, in order to reduce these problems, producers are increasingly using biocontrol agents, with emphasis on *Trichoderma* in its management, as it is a highly beneficial fungus, which has been demonstrating efficiency in the management of various soil diseases. The following work aimed to carry out a bibliographical review on the use of the fungus *Trichoderma* in the biological management of plant diseases. The genus *Trichoderma* encompasses several species of filamentous fungi, these microorganisms belong to the phylum Ascomycota, class Sordariomycetes, order Hypocreales and family Hypocreaceae, have inhibitory action through direct and/or indirect mechanisms such as antibiosis, inhibition or suppression of the phytopathogen by the production and release of toxins volatile and non-volatile metabolites such as harzianic and heptelidic acids and enzymes such as alamethicins, tricholines and glisoprenins, by suppression by competition, in which the antagonistic agent competes for space and/or nutrients against the pathogen, which prevents plant infection, and hyperparasitism, which consists of degradation of the pathogen's cell wall due to the release of lytic enzymes by the antagonist agent. Control over white mold can be observed in almost 99% of the works found that *Trichoderma* is highly effective in its control when applied correctly and at the right time, reaching the sclerotia of the white mold preventing it from germinating. Some researchers showed that plants colonized with *Trichoderma*, showed a greater increase in the growth and development of the root system, helping in the productivity of the cultures and in the resistance of the plants to stresses caused by environmental factors. *Trichoderma* represents a relevant alternative to compose the integrated management of diseases in large crops, but for this to become a reality we need to master what we are doing and for that we need to be in constant search of knowledge to understand the correct management.

Keywords: White Mold; Fungus; Biofungicide; Biocontrol; Growth promoter.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA	10
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
1.3 METODOLOGIA.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 USO DO TRICHODERMA EM GRANDES CULTURAS	12
2.2 MOFO BRANCO	14
2.3 PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO.....	16
3 DISCUSSÃO	18
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	19
REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial e as mudanças climáticas representam um desafio para a produção agrícola global. Há uma necessidade de intensificar a produção agrícola de maneira sustentável e encontrar soluções para combater o estresse abiótico, patógenos e pragas. As plantas estão associadas à microbiomas complexos, estes podem ser definidos como o conjunto de genes encontrados de maneira associada aos organismos que colonizam um determinado ambiente (BOON et al., 2014; MURILLO-CUEVAS et al., 2019).

Com a sociedade cada vez mais preocupada com os impactos ambientais e a contaminação da cadeia alimentar com agroquímicos, nota-se uma maior procura por alimentos livres desses produtos. Uma das alternativas para a redução do uso de agrotóxicos é o controle biológico. Os fungos e as bactérias são os principais microrganismos estudados no controle biológico de doenças de plantas. A maioria dos representantes fúngicos utilizados no controle biológico pertencem ao gênero *Trichoderma* spp. (MEDEIROS; SILVA; PASCHOLATI, 2018; MORANDI; BETTIOL, 2009).

Neste cenário a utilização de microrganismos vivos ou seus subprodutos vem ganhando espaço nos últimos anos, sendo empregada de forma alternativa viável, em substituição em pequena escala, ao uso de produtos sintéticos. Possuindo eficiência e vantagens em seu uso, como a baixa produção residual, que possa impactar de maneira negativa à saúde humana e/ou ambiental, podendo, em sua maioria, possuir menor custo de aquisição, consequentemente, reduzindo o custo da produção, o que refletirá em aumento da rentabilidade pelo produtor (BONATERRA et al., 2012).

Nos últimos dez anos, o mercado agrícola brasileiro intensificou o interesse, o uso e as pesquisas quanto aos benefícios da utilização dos agentes biológicos para o manejo integrado de solos e culturas. Neste período, que vem sendo denominado de “década de ouro da microbiologia agrícola”, o mercado de insumos biológicos à base de agentes microbianos cresceu significativamente, tanto em solicitação de registro junto ao Ministério da Agricultura quanto em marketing por parte das empresas nacionais e multinacionais responsáveis pela disponibilização de tecnologias e pacotes tecnológicos para a agricultura. (STEFFEN et al., 2021).

Atualmente, o gênero *Trichoderma* destaca-se no cenário de controle biológico de doenças de plantas no Brasil, tendo a maioria de suas pesquisas voltadas para o biocontrole de doenças de culturas de grande importância econômica e social (BETTIOL; SILVA; CASTRO, 2019). São fungos de vida livre encontrados em variados ambientes que em sua fase sexuada apresentam formação de corpos de frutificação do tipo peritécio, formados em estromas de coloração verde, amarelada, creme ou marrom, produzidos sobre o substrato colonizado (ABREU; PFENNING, 2019).

No entanto, os resultados de pesquisa demonstram que o efeito proporcionado por cepas de *Trichoderma* difere-se significativamente entre plantas de diferentes espécies. Isto porque os benefícios proporcionados às espécies vegetais são específicos de cada cepa, o que torna impossível generalizar sobre as habilidades de uma cepa e assumir que cepas da mesma espécie proporcionarão os mesmos benefícios sobre as culturas agrícolas (HARMAN, 2011).

O controle biológico ou biocontrole apresenta-se como mais uma ferramenta no manejo de pragas e doenças na agricultura. Segundo (AGRIOS, 2005), o controle biológico é a diminuição do inóculo ou das atividades determinantes da doença causadas por um patógeno, realizada por ou através de um, ou mais organismos que não o homem, ou ainda a destruição parcial ou total de patógenos por outros organismos frequentemente encontrados na natureza, assim podemos falar que qualquer interferência negativa no crescimento, infectividade, virulência, agressividades ou outros atributos de outro microrganismo pode ser considerado controle biológico (MEDEIROS; SILVA; PASCHOLATI, 2018). Devido a estas propriedades de interferência em organismos patogênicos, os microrganismos que causam controle biológico são chamados de “antagonistas”.

Ao longo das décadas a pesquisa já abordou diversos trabalhos relatando o biocontrole tendo como antagonista espécies de *Trichoderma*. Entre as diversas publicações alguns dos patógenos mais mencionados nos trabalhos é a *Sclerotinia sclerotiorum* que é um fitopatógeno habitante do solo que infecta importantes culturas agrícolas no Brasil como, por exemplos, alface, soja, feijão, canola, girassol etc. E o gênero *Fusarium*, sendo um dos principais causadores de perdas à cultura da soja, por ser capaz de provocar a morte das plantas e poder atacá-las desde a fase inicial do desenvolvimento. No entanto inúmeras doenças fúngicas, bacteriológicas, viróticas e inclusive insetos são citados em trabalhos onde se

objetiva o biocontrole através do *Trichoderma* (MORANDI; BETTIOL, 2009; RIBAS, 2010).

O *Trichoderma* é considerado um fungo singular do ponto de vista de seu potencial de aplicabilidade na produção sustentável, visto que a principal característica das espécies é que são dotadas de grande oportunismo, apresentando alta capacidade de colonizar a rizosfera das plantas e muitos substratos com diferentes características, em ambientes bastante distintos. Muito além do biocontrole de doenças de plantas, o *Trichoderma* também tem demonstrado seu potencial como promotor de crescimento em diversas culturas e um indutor de defesas das plantas (SOUZA; BRITO; REGO, 2021).¹

1.1 JUSTIFICATIVA

Cada vez se nota mais o cultivo intensivo nas lavouras e com isso vem os monocultivos, com grande carga de agroquímicos, resultando na baixa diversidade microbiológica do solo, com conseqüente seleção de patógenos, como fungos de solos e nematoides. Ainda temos a seleção de materiais cada vez mais produtivos, muitas vezes, suscetíveis às doenças. Nesse sentido, visando diminuir esses problemas os produtores vêm cada vez mais utilizando agentes de biocontrole, com destaque para o *Trichoderma* no seu manejo, por ser um fungo altamente benéfico, o qual vem demonstrando eficiência no manejo de diversas doenças de solo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Efetuar uma revisão bibliográfica sobre o uso do fungo *Trichoderma* no manejo biológico de doenças em plantas.

1.2.2 Objetivos específicos

Relacionar pesquisas sobre o manejo biológico com o uso de *Trichoderma* em grandes culturas.

Buscar trabalhos, que contemplem o uso do *Trichoderma* no controle de mofo branco.

Identificar trabalhos que relacionem o *Trichoderma* como promotor de crescimento na cultura.

1.3 METODOLOGIA

Foi realizado uma revisão bibliográfica, buscando trabalhos desenvolvidos com o uso de *Trichoderma* em grandes culturas, seu uso no manejo de mofo branco e como promotor de crescimento em plantas.

Para a elaboração deste trabalho bibliográfico, foram realizadas pesquisas nas páginas da web, além de publicações em livros e revistas científicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 USO DO TRICHODERMA EM GRANDES CULTURAS

O gênero *Trichoderma* engloba várias espécies de fungos filamentosos. Esses microrganismos pertencem ao filo Ascomycota, classe Sordariomycetes, ordem Hypocreales e família Hypocreaceae (MYCOBANK, 2022).

Tem ação inibitória através de mecanismos diretos e/ou indiretos como antibiose, inibição ou supressão do fitopatógeno pela produção e liberação de toxinas metabólitos voláteis e não voláteis como ácidos harziânico, heptelídico e enzimas como alameticinas, tricholinas e glisopreninas, pela supressão por competição, na qual o agente antagonista disputa por espaço e/ou nutrientes contra o patógeno, o qual impede a infecção da planta, e o hiper parasitismo que consiste em degradação da parede celular do patógeno em função da liberação de enzimas líticas pelo agente antagonista (LOUZADA et al., 2016).

Um dos fungos mais pesquisados no Brasil é o *Trichoderma*, pois ele tem ocorrência natural em praticamente todos os tipos de solos, e por possuir uma versatilidade de ação próprias, como parasitismo, antibiose e competição, além da sua capacidade de solubilização de fosfatos, (OLIVEIRA E CHAGAS, 2012) e (RIBAS E RECH, 2016) dessa forma podendo atuar como promotor de crescimento vegetal e indutor de resistência de plantas às doenças. Algumas espécies são capazes de sobreviver a condições adversas devido a produzirem estruturas de resistência conhecidas como clamidósporos e microescleródios (MONTE; BETTIOL; HERMOSA, 2019).

Se observa inúmeros benefícios resultantes da utilização do *Trichoderma* e outros agentes microbianos na agricultura, os quais são significativos e inegáveis, conforme apresentado por (RUAN et al. 2019) e (MUKHERJEE et al. 2020).

Algumas pesquisas mostram que tem a capacidade de reduzir várias doenças de plantas, atuando como inibidor de fitopatógenos, principalmente os que colonizam raízes, pela ação antagonista e pelo seu potencial de micoparasitismo (REDDA et al., 2018).

O plantio direto foi um dos grandes avanços na agricultura pensando no aumento da produtividade da soja, além disso, em busca de uma agricultura mais sustentável tem-se procurado a influência de micro-organismos que possam ser

utilizados como promotores de crescimento em plantas, aumentando assim a produtividade das mesmas (CHAGAS et al., 2017).

O fungo *Trichoderma* é utilizado em diferentes bioformulados que apresentam controle de patógenos de solo e ainda promovem o crescimento em diversas culturas. Com isso, a utilização aumentou e se tornou uma boa alternativa ao tratamento químico, para o controle de doenças de solo e sementes, principalmente para aqueles produtores que trabalham com agricultura orgânica e não podem usar produtos químicos (MACHADO, 2012).

Atualmente, se tem uma grande diversidade de microrganismos fitopatogênicos que são causadores de doenças em plantas, os quais representam grandes problemas para a agricultura, pois afetam tanto a produção de alimentos, como os setores ligados à produção de fibras e energia. (RUFINO et al., 2018).

O controle biológico de pragas e doenças constitui-se em um processo importante para atender a demanda, cada vez maior, de produtos e alimentos livres de resíduos deixados pelas aplicações de agrotóxicos. Para (BUENO et al., 2015), há três formas para se interpretar o controle biológico, que pode ser tanto como um campo de estudos em diferentes áreas, como ecologia de populações, biossistemática, comportamento, fisiologia e genética como um fenômeno natural, visto que quase todas as espécies têm inimigos naturais que regulam suas populações e como uma estratégia de controle de pragas e doenças através da utilização de parasitóides, predadores e patógenos.

Não é correto afirmar que o controle biológico deve resolver o controle de pragas e doenças isoladamente, mas sim, deve fazer parte de um programa de “Manejo Integrado de pragas e Doenças” (MIPD) e constituir-se como mais uma ferramenta a disposição de produtores a fim de alcançar melhores resultados, aliando a produção agrícola a sustentabilidade. Outro ponto levantado pelo autor, é sobre o mito de que o custo do controle biológico para ser implantado, deve ser menor do que o preço do controle químico, desconsiderando-se as vantagens ecológicas e sociais do controle biológico. (PARRA, 2019)

O controle de doenças na agricultura, muitas vezes resultam em contaminações decorrentes do uso inadequado de meios de controle, essencialmente químicos, e que vêm causando problemas no âmbito do mundo agrícola, o que compromete alguns segmentos ou setores do mercado agrícola que,

por conseguinte, visam à aquisição de produtos diferenciados ou de boa qualidade (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2013; LOPES, 2017; WAICHMAN, 2012)

O *Trichoderma* é um fungo singular do ponto de vista de seu potencial de aplicabilidade na produção sustentável, sua principal característica da espécie é que são dotadas de grande oportunismo, tem alta capacidade de colonizar a rizosfera das plantas e muitos substratos com diferentes características, em ambientes bastante distintos. Muito além do biocontrole de doenças de plantas, também tem demonstrado seu potencial como promotor de crescimento em diversas culturas e um indutor de defesas das plantas (SOUZA; BRITO; REGO, 2021).

Um dos patógenos mais citados nos trabalhos é a *Sclerotinia sclerotiorum* que é um fitopatógeno habitante do solo que infecta importantes culturas agrícolas no Brasil como, por exemplos, alface, soja, feijão, canola, girassol etc. O *Fusarium* também vem sendo um dos principais causadores de perdas à cultura da soja, por ser capaz de provocar a morte das plantas e poder atacá-las desde a fase inicial do desenvolvimento. No entanto inúmeras doenças fúngicas, bacteriológicas, viróticas e inclusive insetos são citados em trabalhos onde se objetiva o biocontrole através do *Trichoderma* (MORANDI; BETTIOL, 2009; RIBAS, 2010).

Diversas culturas têm suas principais mazelas sendo confrontadas com o auxílio do *Trichoderma*, que vai desde soja e milho até no cultivo de hortaliças. Muitos trabalhos feitos com as culturas afetadas em estádios específicos de desenvolvimento como é o caso do tomateiro e outras culturas que podem ser afetados pelo damping-off, causado por diversos patógenos. Mais recentemente muitos trabalhos relatam a aplicação em culturas florestais como o *Pinus* spp. e o *Eucalyptus* spp. (BOVOLINI et al., 2018; SOUZA; BRITO; REGO, 2021).

O uso de *Trichoderma* spp. no controle de doenças tipicamente fúngicas vêm sendo estudado desde o trabalho pioneiro de Weindling e Fawcett em 1936, sobre estirpes de *Trichoderma* no controle de *Rhizoctonia solani* Kühn em citros. Este organismo consegue controlar diferentes patógenos por mecanismos de ação como competição, parasitismo e produção de metabólicos secundários (antibiose) (GARBADO, 2020).

2.2 MOFO BRANCO

O agente etiológico do mofo-branco é o fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, pertencente ao filo Ascomycota, classe Leotiomycetes, ordem Helotiales e família Sclerotinaceae (MYCOBANK, 2022).

O fungo pode estar atacando mais de 400 espécies de plantas, entre as mais diversas culturas e plantas daninhas, com exceção as gramíneas que não são atacadas. (ALMEIDA et al., 2005; BOLAND; HALL, 1994; DERBYSHIRE et al., 2017; JACCOUD FILHO et al., 2017).

No Brasil, se encontra disseminado nas regiões sul, sudeste, centro oeste e nordeste do país, (JULIATTI; JULIATTI, 2010; MEYER et al., 2018). Com uma maior incidência nas em regiões que tem por característica clima frio, clima característico das regiões Sul, Sudeste e em regiões acima de 700 metros de altitude do Centro-Oeste e Nordeste, que apresentam temperaturas noturnas mais amenas. Apesar da preferência por clima ameno e alta umidade do solo e ar, a doença pode manifestar-se em condições de temperaturas elevadas (CAMARGO, 2013) O fungo do mofo branco é uma doença de clima úmido e ameno as suas condições ideais para desencadear epidemias são temperaturas entre 10 e 20 °C e alta umidade do solo, condições de alta umidade favorecem a germinação dos escleródios. (AGRIOS, 2005; MEYER et al., 2010).

Primeiros sintomas da doença são presença de manchas com aspecto de encharcamento que evoluem para manchas castanhas clara, formando abundante e densa massa miceliogênica branca, que após alguns dias originam os escleródios enegrecidos (ALMEIDA et al., 2005). Os escleródios são densos emaranhados de hifas de coloração escura, podem variar de 2 a 10 mm de diâmetro, os escleródios de *S. sclerotiorum* podem permanecer viáveis no solo por até 8 anos (AGRIOS, 2005; BIANCHINI; MARINGONI; CARNEIRO, 2005; MEYER et al., 2010).

A intensidade dos danos causados pelo fungo é variável dependendo do clima, da região, do nível de susceptibilidade da cultura e da agressividade do fungo (CUNHA, 2010). Os prejuízos diretos ocorrem em função da queda na produtividade da lavoura e, dentre as perdas indiretas, estão o aumento do custo de produção em função do emprego de métodos de controle e, o mais importante, a condenação de áreas para a produção de sementes (ANDRADE, 2015). Já se ouviu relatos de perdas na cultura do feijão em condições favoráveis de até 100% da produção, na soja a doença pode causar até 70% de perda de produtividade (MEYER et al., 2014; SCHWARTZ; SINHG, 2013; YOUNG et al., 2004).

O patógeno é um habitante do solo, que é necrotrófico e está distribuído mundialmente, e tem por característica a produção de estruturas de resistência, chamadas escleródios, que podem ficar viáveis no solo por um longo período, garantindo sua sobrevivência, essa formação de escleródios é diretamente influenciada por fatores ambientais, pois os escleródios são produzidos após o micélio desenvolvido encontrar um ambiente de limitação nutricional. Os escleródios são estruturas formadas por hifas densamente entrelaçadas revestidas por uma camada negra de melanina, composto este importante para a proteção contra condições adversas e degradação microbial (LEITE, 2014).

O fungo do mofo-branco é uma doença de difícil controle principalmente pela formação de escleródios, aliado a possibilidade de os ascósporos responsáveis pela infecção aérea serem provenientes de escleródios existentes a longas distâncias e à alta suscetibilidade dos hospedeiros cultivados, uma das principais medida de controle da doença consiste na prevenção, assim evitando a entrada do patógeno na área, pois, uma vez introduzido no local, é praticamente impossível erradicá-lo (KOGA et al., 2014).

2.3 PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO

A interação entre plantas e microrganismos dentro do complexo de desenvolvimento vegetal é amplamente estudada e difundida, pois proporcionando efeitos benéficos desde a germinação, desenvolvimento vegetativo, produção e características fitossanitárias desejáveis no produto pós-colheita, assim atuando em todo o ciclo da cultura e até mesmo passando após o ciclo no pós-colheita. A utilização de agentes que promovam o crescimento das plantas, vem sendo uma estratégia extremamente importante na atualidade, para se buscar cada vez mais altas produtividades, melhor desenvolver da cultura e pensando em diminuição a intensa dependência de insumos químicos e manutenção da crescente necessidade de produção, alinhada a técnicas sustentáveis de uso do solo (MACHADO et al., 2012).

Hoje se observa no mercado diversas espécies de *Trichoderma* que são utilizadas para promoção de crescimento de plantas. (AMARAL ET AL., 2017), os autores constataram o aumento na altura, diâmetro do colo e produção de folhas nas

mudas inoculadas com os bioagentes. (PEREIRA 2017) em seu estudo comprovou o efeito de *T. asperellum* como promotor de crescimento de mudas seminais de Pinus taeda, comparando variáveis como massa seca total, massa seca da parte aérea, altura da parte aérea, diâmetro do coleto e índice de qualidade de Dickson, onde todos os parâmetros avaliados foram maiores nas plantas inoculadas com o fungo.

As espécies como *T. asperellum*, *T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. virens* são utilizadas em tratamento de sementes ou aplicadas em áreas de cultivo para o controle biológico de doenças de plantas e para a promoção do crescimento vegetal. São fungos que apresentam ampla distribuição no solo e são capazes de estabelecer interações benéficas com as raízes (ABREU; PFENNING, 2019).

3 DISCUSSÃO

Atualmente existe mais de 246 produtos biológicos à base de *Trichoderma* registrados em diferentes países, no Brasil, o mercado de produtos biológicos vem aumentando nos últimos anos, isso se deve ao fato dos agricultores estarem buscando alternativas para o controle fitossanitário que permitam reduzir os impactos ambientais e atender a demanda dos consumidores por alimentos livres de agroquímicos (MEYER; MAZARO; SILVA, 2019). O *Trichoderma* tem importante mecanismo de ação sobre patógenos que atacam culturas agrícolas importantes como *Fusarium spp.* (podridão vermelha da raiz), *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco) e *Rhizoctonia solani* (podridão radicular)", (MEYER, ET AL., 2022).

Estimasse que aproximadamente 10 milhões de hectares de cultivo de soja estejam infestados pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, causador do mofo-branco, o fungo diminui a produtividade das culturas que ataca e atrapalha no desenvolvimento da planta, com o uso dos biológicos associado ao químico no controle do mofo-branco vem se notando uma melhora no controle, pois os biológicos vão agir preventivamente não deixando o micélio do fungo de desenvolver assim reduzindo a pressão da doença. Destaca que o sucesso do controle biológico do mofo-branco depende desde o acondicionamento de solo, para promover o máximo de colonização por *Trichoderma* e, assim, reduzir o potencial da doença na área. (MAZARO 2022)

Algumas espécies de *Trichoderma* produzem compostos bioativos e elicitores que interagem com a rizosfera das plantas promovendo o crescimento, resistência sistêmica a doenças e a tolerância a estresses abióticos, como a salinidade e o estresse hídrico, as espécies como *T. asperellum*, *T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. virens* são utilizadas em tratamento de sementes ou aplicadas em áreas de cultivo para o controle biológico de doenças de plantas e para a promoção do crescimento vegetal. São fungos que apresentam ampla distribuição no solo e são capazes de estabelecer interações benéficas com as raízes (ABREU; PFENNING, 2019).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *Trichoderma* representa uma alternativa relevante para compor o manejo integrado de doenças em grandes culturas, mas para isso se tornar realidade precisamos estar em constante busca de conhecimento, para aperfeiçoar o manejo correto com o *Trichoderma*, como dosagem correta, condições ambientais favoráveis, qualidade da aplicação, se o produto está chegando até o seu alvo, momento da aplicação, compatibilidade com outros produtos, entre outras questões que precisamos estar sempre avaliando no campo. O controle sobre mofo branco pode se observar em quase 99 % dos trabalhos encontrados que o *Trichoderma* é altamente eficaz no seu controle quando aplicado de forma correta e no momento certo, atingindo o escleródio do mofo branco não deixando ele germinar. Algumas pesquisas mostraram que plantas colonizadas com *Trichoderma*, mostrou um maior aumento no crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, ajudando na produtividade das culturas e na resistência das plantas a estresses causados por fatores ambientais, foi observado também que os ácidos produzidos pelo fungo colaboram diretamente para a solubilização de fosfatos, micronutrientes, e por ele participar da decomposição da matéria orgânica no solo, também vai ajudar a aumentar a quantidade de nutrientes que podem ser absorvidos pelas raízes das plantas.

4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar do fungo *Trichoderma* ser um expoente no controle biológico, já representa uma alternativa ao uso associado a produtos químicos, pesquisas com o tema ou que apresentem novas abordagens sobre o assunto são encontrados em baixa quantidade, em virtude dos poucos trabalhos científicos encontrados falando sobre o fungo nos últimos anos.

Entre os trabalhos científicos encontrados, o número de espécies vegetais e fitopatógenos estudados, relacionados ao *Trichoderma* é relativamente baixa, o que comprova a necessidade de aumentar a pesquisa sobre o tema proposto, para ter mais resultados em mãos e conseguir ser mais assertivo nos manejos a campo. Na maior parte dos trabalhos encontrados a eficiência do *Trichoderma* é comprovada,

no entanto, se faz necessário uma maior credibilidade e melhorias por meio da pesquisa, aumentando o seu uso no campo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. M.; PFENNING, L. H.; O gênero *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. *Trichoderma: Uso na agricultura*. 1.ed. Brasília: Embrapa, 2019, 538 p. Acesso em: 29 março 2023.
- AGRIOS, G. N. *Plant Pathology*. Burlington, MA: Elsevier Academic. 2005. 922 p. Acesso em: 28 março 2023.
- ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, J.T.; YORINORI, J.F.V. et al. Doenças da soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M. et al. *Manual de fitopatologia*. 4.ed. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 2005. 663 p. Acesso em: 28 março 2023.
- ANDRADE, G.C.G. Reações de genótipos de soja ao mofo branco. 2015. 74 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Goiânia, 2015. Acesso em: 28 março 2023.
- AMARAL, P. P. et al. Promotores de crescimento na propagação de caroba. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 37, n. 90, p. 149-157, 2017. Acesso em: 28 março 2023.
- BETTIOL, W; SILVA, J. C.; CASTRO, M. L. M. P. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. MEYER, MC; MAZARO, SM; SILVA, JC. *Trichoderma: uso na agricultura*. Brasília: Embrapa, 2019, p. 21-43. Acesso em: 28 março 2023.
- BOLAND, G. J.; HALL, R. Índice de plantas de hospedeiros de *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal Plant Pathology*, Ottawa, v. 16, n.1, p. 93 – 108. 1994. Acesso em: 16 de março de 2023.
- BONATERRA, A.; BADOSA, E.; CABREFIGA, J.; FRANCÊS, J.; MONTESINOS, E. Perspectivas e limitações de pesticidas microbianos no controle de doenças bacterianas e fúngicas da tomogeira. *Árvores*, v. 26, n. 1, pág. 215-226, 2012. Acesso em: 28 de março de 2023.
- BOON, E. et al. Interações no microbioma: comunidades de organismos e comunidades de genes. *FEMS Microbiology Reviews*, Amsterdam, v. 38, p. 90–118, 2014. Acesso em: 16 de março de 2023.

BOVOLINI, M. P. et al. CONTROLE PREVENTIVO E CURATIVO DE *Oidium eucalypti* EM MUDAS CLONAIAS DE *Eucalyptus benthamii*. *Revista Árvore*, v. 42, n. 5, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-90882018000500004> Acesso em: 22 de março de 2023.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, B. S. M. T. P. G. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, A.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). *Manual de Fitopatologia*. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. p. 580- 581-371. Acesso em: 16 março 2023.

BUENO, V. H. P. et al. Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável. Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras. 2015. Disponível em: [https://www.erambiental.com.br/var/userfiles/arquivos69/documentos/12657/Controle BioMa nejoPragasNaAgrSustentavel.pdf](https://www.erambiental.com.br/var/userfiles/arquivos69/documentos/12657/ControleBioMa%20nejoPragasNaAgrSustentavel.pdf) Acesso em: 20 março 2023.

CAMARGO, M.P. *Sclerotinia sclerotiorum* em sementes de soja: sobrevivência, efeito na germinação, tamanho de amostra para análise e eficiência in vitro de fungicidas. 77 f. Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2013. Acesso em: 16 março 2023.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, Wagner. Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil In: CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. *Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário*. Jaguariúna, SP: Embrapa, 2013, p. 14-51. Disponível em: [https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1076531/1/Campanholapanorama .pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1076531/1/Campanholapanorama.pdf) Acesso em: 16 março 2023.

CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SOARES, L. P.; FIDELIS, R. R. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 4, p. 97-102, jul. 2017. Acesso em: 16 março 2023.

CUNHA, W. G. Resistência a *Sclerotinia sclerotiorum* em plantas de soja geneticamente modificadas para expressar o gene oxalato descarboxilase de *Flammulina velutipes*. 2010. 96 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia Molecular, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2010. Acesso em: 11 março 2023.

DERBYSHIRE, M.; DENTON-GILES, M.; HEGEDUS, D. et al. O fungo fitopatogênico *Sclerotinia sclerotiorum* revela informações sobre a arquitetura do genoma de patógenos de ampla gama de hospedeiros. *Biologia e Evolução do Genoma*, v.9, n.3, p. 593-68, 2017. Acesso em: 11 de março de 2023.

JULIATTI, F. C.; JULIATTI, F. C. Podridão branca da haste da soja: Manejo e uso de fungicidas em busca da sustentabilidade nos sistemas de produção. Uberlândia: Composer, 2010. 35p. Acesso em: 17 março 2023.

KOGA, L.J. et al. Compatibilidade micelial e agressividade de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* do Brasil e dos Estados Unidos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 49, n. 4, p. 265-272, abr. 2014. Acesso em: 11 março 2023.

LEITE, M. E. Seleção recorrente em feijoeiro visando a resistência à *Sclerotinia sclerotiorum* e respostas bioquímicas associadas à defesa contra o patógeno. 2014. 153 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Acesso em: 17 março 2023.

LOPES, C. A. É possível produzir alimentos para o Brasil sem agrotóxicos? *Cien. Culto.*, São Paulo, v. 69, n. 4, p. 52-55, out. de 2017. Acesso em: 17 março 2023.

LOUZADA, G. D. S.; BARBOSA, H. N.; CARVALHO, D. D. C.; MARTINS, I.; LOBO JÚNIOR, M.; MELLO, S. C. M. Relações entre testes com metabólitos e seleção de isolados de *Trichoderma* spp. antagônicos a *Sclerotinia sclerotiorum*. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2016. Acesso em: 17 março 2023.

MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F.R.; SILVA, A. C. F.; ANTONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. *Revista de Ciências Agrárias*, v.35, n.26, p.274-288, 2012. Acesso em: 17 março 2023.

MEDEIROS, F.H.V.; SILVA, J.C.P.; PASCHOLATI, S.F. Controle biológico de doenças de plantas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.B. *Manual de Fitopatologia*.5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2018. p.261-272. Acesso em: 20 março 2023.

MEYER, M.C.; FERREIRA, L.C.; BAYLÃO, B.S.G. et al., Influência do nível de água no solo sobre a germinação carpogênica de *Sclerotinia sclerotiorum*. *Tropical Plant Pathology*, v.35, p.153, 2010. Acesso em: 20 março 2023.

MEYER, M. C. et al. (ed.). Ensaio cooperativos de controle químico de mofo branco na cultura da soja: safras 2009 a 2012. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 100 p. Acesso em: 20 março 2023.

MEYER, M. C. et al. Eficiência de fungicidas para controle de mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em soja, na safra 2017/18: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa, 2018. 6 p. (Circular Técnica 140). Acesso em: 15 março 2023.

MEYER, M. C. et al. Bioinsumos na cultura da soja. Brasília, DF: Embrapa, 2022. Acesso em: 16 abril 2023.

MONTE, E. BETTIOL, W.; HERMOSA, R. Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, M.C.; MAZARO, S.M.; SILVA, J.C.S. Trichoderma uso na agricultura. 1.ed. Brasília: Embrapa, 2019. P. 182-194. Acesso em: 15 março 2023.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle Biológico de doenças em plantas no Brasil. In: MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Biocontrole de doenças em plantas: usos e perspectivas. 1.ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 7-12. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/579954/biocontrole-de-doencasde-plantas-uso-e-perspectivas>. Acesso em: 15 março 2023.

MUKHERJEE, A. et al. Levedura, um potencial bioagente: futuro para o crescimento de plantas e manejo de doenças pós-colheita para agricultura sustentável. *Microbiologia Aplicada e Biotecnologia*, Alemanha, v. 104, p. 1497-1510, jan. 2020. Acesso em: 15 de março de 2023

MURILLO-CUEVAS, F. D. et al. Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. *Ecosist. Recur. Agropec*, v. 6, n. 16, p. 23-33, 2019. Acesso em: 20 março 2023

MYCOBANK. International Mycological Association. *Sclerotinia sclerotiorum*. 2022. Disponível em: <https://www.mycobank.org/page/Basic%20names%20search>. Acesso em: 20 março 2023

Oliveira AG, Chagas Junior AF, Santos GR, Miller LO, Chagas LFB. Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.7, n.3, p.26, 2012. Acesso em: 20 março 2023

PARRA, J. R. P. et al. O futuro do controle biológico. *Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores*. São Paulo: Manole, 609p, p. 581-587, 2019. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ea6b/0f9d8f36a77856a82525f7dfd466aae4b96b.pdf> Acesso em: 20 março 2023.

PEREIRA, F. B. Fungos promotores de crescimento e produção de mudas de *Pinus taeda* L. 47f. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, 2017. Acesso em: 23 março 2023.

REDDA, E. T.; MA, J.; MEI, J.; LI, M.; WU, B.; JIANG, X. Biological Control of Soilborne Pathogens (*Fusarium oxysporum* F. Sp. *Cucumerinum*) de Pepino (*Cucumis sativus*) por *Trichoderma* sp. *Journal of Life Sciences*, v. 12, p. 1-12, 2018. Acesso em: 23 março 2023.

RIBAS, P. P. Compatibilidade de *Trichoderma* spp. a princípios ativos de fungicidas comerciais aplicados na cultura do feijão. 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/60522/000860089.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 23 março 2023.

Ribas PP, Rech R, Matsumura ATdS, Sand STVD. Potencial in vitro para solubilização de fosfato por *Trichoderma* spp. *Revista Brasileira de Biociências*, v.14, n.2, p.70-75, 2016. Acesso em: 10 março 2023

RUFINO, C. P. B.; DE ARAÚJO, C. S.; NOGUEIRA, S. R. Desafios na utilização do controle biológico de doenças de plantas na Amazônia. *Revista Sul-Americana de Educação Básica, Técnica e Tecnológica*, v. 5, n. 1, 2018. Acesso em: 10 de março de 2023.

RUAN, Z. et al. Milho. In: PAN, Z.; ZHANG, R.; ZICARI, S. (ed.). Tecnologias integradas de processamento de alimentos e subprodutos agrícolas. Cambridge: Academic Press, 2019. p. 59-72. Acesso em: 24 de março de 2023

SCHWARTZ, H. F.; SINGH, S. P. Melhoramento do feijoeiro para resistência ao mofo branco: uma revisão. *Crop Science*, [S.L.], v. 53, n. 5, pág. 1832-1844, conjunto. 2013. Acesso em: 24 de março de 2023

STEFFEN, G. et al. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, Curitiba, v.7, n.1, p.4455-4468 jan. 2021. Acesso em: 23 março 2023.

TIKLER SOUSA, J. A.; SCHEINPFLUG BRITO, G.; SANTOS REGO, S. Controle biológico de Fusariose em mudas de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* com produto comercial a base de *Trichoderma* sp. *Agrarian*, [S. I.], v. 14, n. 53, p. 304–313, 2021. DOI: 10.30612/agrarian. v14i53.15358. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/15358>. Acesso em: 23 de março de 2023.

YOUNG, C. S. et al. Condições ambientais influenciando a infecção por *Sclerotinia sclerotiorum* e o desenvolvimento da doença em alface. *Plant Pathology*, [S.L.], v. 53, n. 4, pág. 387-397, atrás. 2004. Acesso em: 15 março 2023

WAICHMAN, Andrea Viviana. A problemática do uso de agrotóxicos no Brasil: a necessidade de construção de uma visão compartilhada por todos os atores sociais. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v. 37, p. 42-47, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0303-76572012000100007> Acesso em: 13 fevereiro 2023.